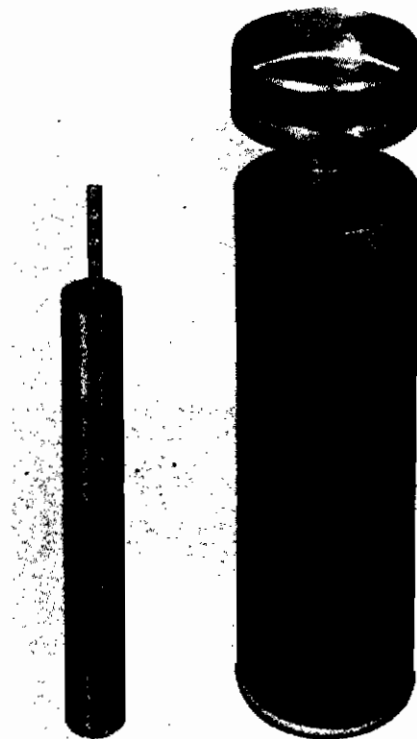


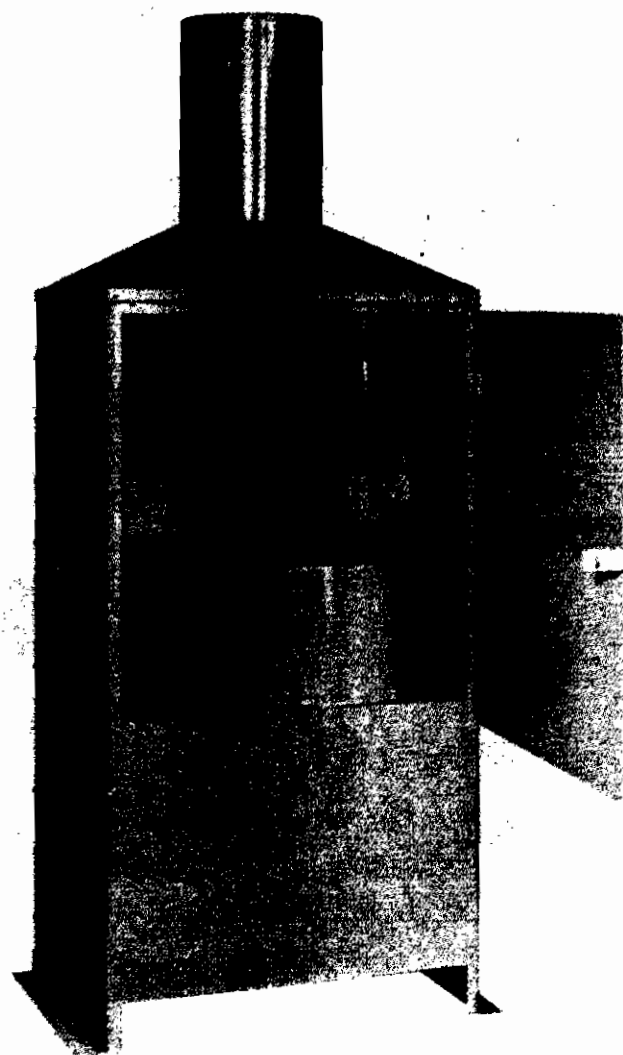
نخواهد داشت. برای آن که بتوان آمار را بخوبی تجزیه و تحلیل کنیم به ۵۰ سال آمار بارندگی نیاز خواهد بود. بهترین اطلاعات را از ایستگاههایی می توانیم به دست آوریم که مجهز به دستگاههای باران نگار باشد. باران نگارها علاوه بر مقدار باران، شدت بارندگی را نیز ثبت می کنند. با داشتن باران نگار می توان گفت که آیا بارندگی کوتاه مدت و شدید بوده است یا طولانی مدت و ملایم. شدت بارندگی یا مقدار بارندگی در واحد زمان، در طراحی یک سیستم زهکشی حائز اهمیت زیاد است.



شکل ۳-۲: باران سنج استاندارد سازمان هواشناسی امریکا

بارانهایی که خصوصاً در فصل تابستان در حوضه آبریز رودخانه می سی سی پی امریکا می بارد عمدتاً دارای شدت زیاد و کوتاه مدت می باشد. بسیاری از این رگبارها بیش از یک ساعت دوام پیدا نمی کند. در این نوع بارندگیها، شدت باران بمراتب بیشتر از سرعت نفوذ آب در خاک است و قسمت زیادی از آب بصورت رواناب در سطح زمین جاری می شود. لذا برای جلوگیری از خسارتی که ممکن است سیلاب حاصله به مزارع و ساختمانها وارد آورد لازم است کانالهای زهکش در سطح اراضی احداث گردد. زهکشها باید به نحوی طراحی شود که قادر باشد رواناب حاصله از این گونه رگبارها را تخلیه نماید. کنترل آبهای سطحی در این مناطق، از آن جهت حائز اهمیت است که باران در زمانی می بارد که گیاه در فعالترین فصل رویش خود بوده و نسبت به غرقاب شدن بسیار حساس است.

بارانهای سواحل غربی، و تا حدی سواحل شرقی امریکا از نوع بارشهای ملایم طولیل‌المدت است. بارندگیهای سواحل شمالی اروپا مانند انگلستان، فرانسه، هندو نواحی همجوار نیز از همین نوع است.



شکل ۳-۳: باران‌سنج ثبات (باران‌نگار)

این بارندگیها ممکن است از یک روز تا یک هفته طول بکشد. بطوری که بارانهای ۴ تا ۵ روزه در این مناطق بسیار معمول است. مقدار بارندگی در یک روز ممکن است بالغ بر ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر باشد.

چون زمان این بارندگیها زیاد و شدت آنها کم است لذا دوره بحرانی رواناب نیز طولانی‌تر است و مقدار آبی که در هر زمان باید بوسیله زهکش خارج گردد کم است لذا ظرفیت نهرهای زهکش زیاد نخواهد بود.

میانگین بارندگی در یک حوضه آبریز

میانگین ریاضی

میانگین عددی یا ریاضی ساده‌ترین روش محاسبه متوسط بارندگی است و آن عبارت از معدل‌گیری تمام مقادیری است که در ایستگاههای مختلف ثبت شده است. این روش در صورتی دقیق است که ایستگاهها بطور یکنواخت در منطقه توزیع شده و تغییر زیادی هم در بارندگی ایستگاههای مختلف وجود نداشته باشد. ولی اگر زمین دارای پستی و بلندی و دیگر ویژگیهایی باشد که سبب تغییراتی در میزان بارندگی گردد استفاده از روش میانگین ریاضی ممکن است اشتباهات زیادی را به بار آورد.

میانگین تیسن (Thiessen)

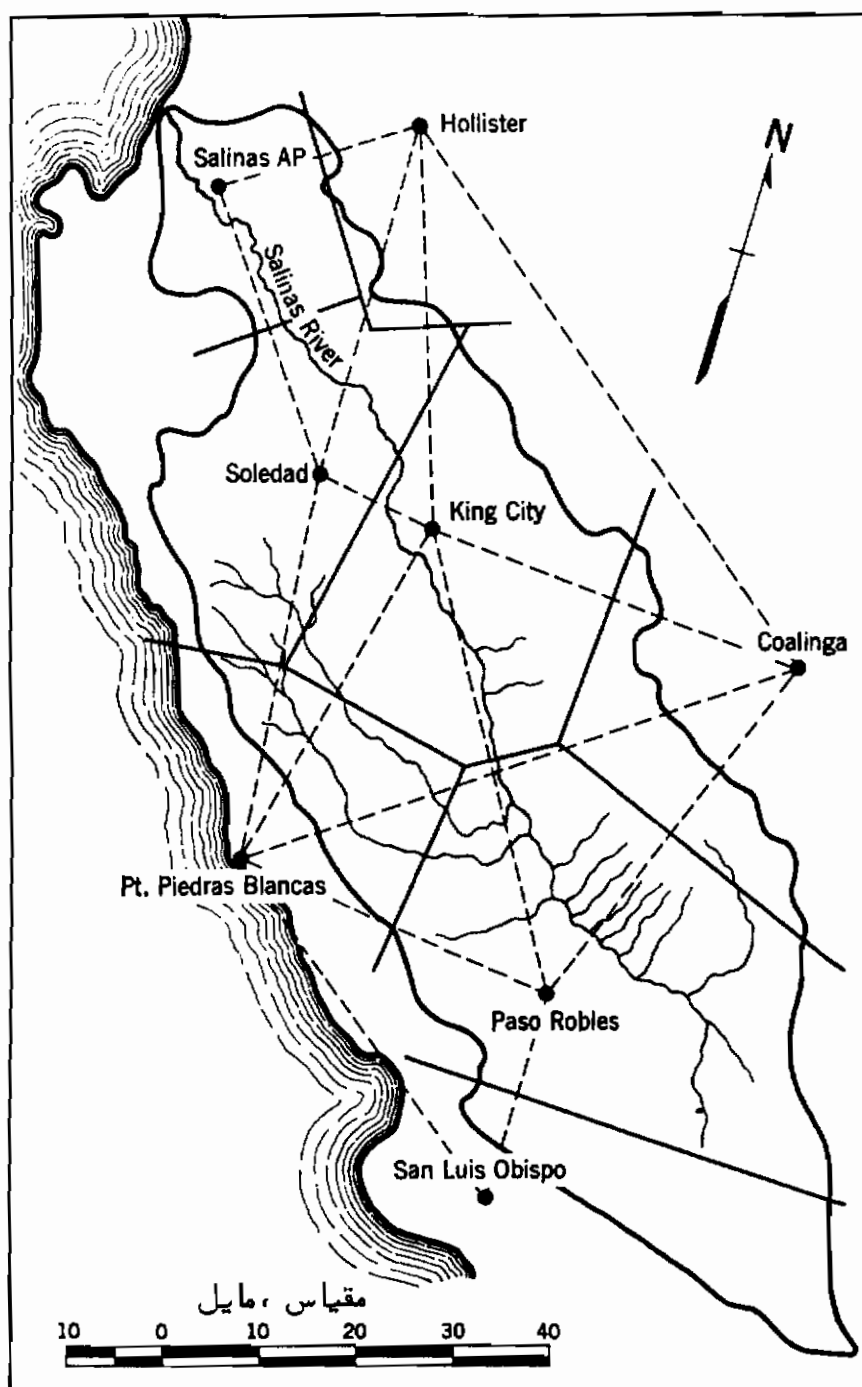
در این روش تمام ایستگاهها را در روی نقشه مشخص می‌کنند و ایستگاههای مجاور توسط خطوط مستقیم به هم وصل می‌شود. بدین ترتیب کل منطقه به چند مثلث تبدیل می‌شود. سپس عمود منصفهای هریک از اضلاع مثلثها رسم می‌شود تا چند ضلعیهایی که در وسط هر کدام از آنها فقط یک ایستگاه وجود داشته باشد ایجاد گردد. نزدیک‌ترین ایستگاه برای نقاط داخل هر چند ضلعی همان ایستگاهی است که در داخل آن واقع است. بنابراین باران ثبت شده در هر ایستگاه فقط برای چند ضلعی مربوط به آن ایستگاه معتبر است. اگر میانگین بارندگی در منطقه را با P و مساحت حوضه آبریز را با A نشان دهیم و P_1 ، P_2 ، ... و P_n نشان دهنده باران ثبت شده در ایستگاهها A_1 و A_2 و ... و A_n مساحت چند ضلعیهای مربوط به هریک از ایستگاهها باشد:

$$P = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A} \quad (1)$$

روش خطوط هم باران

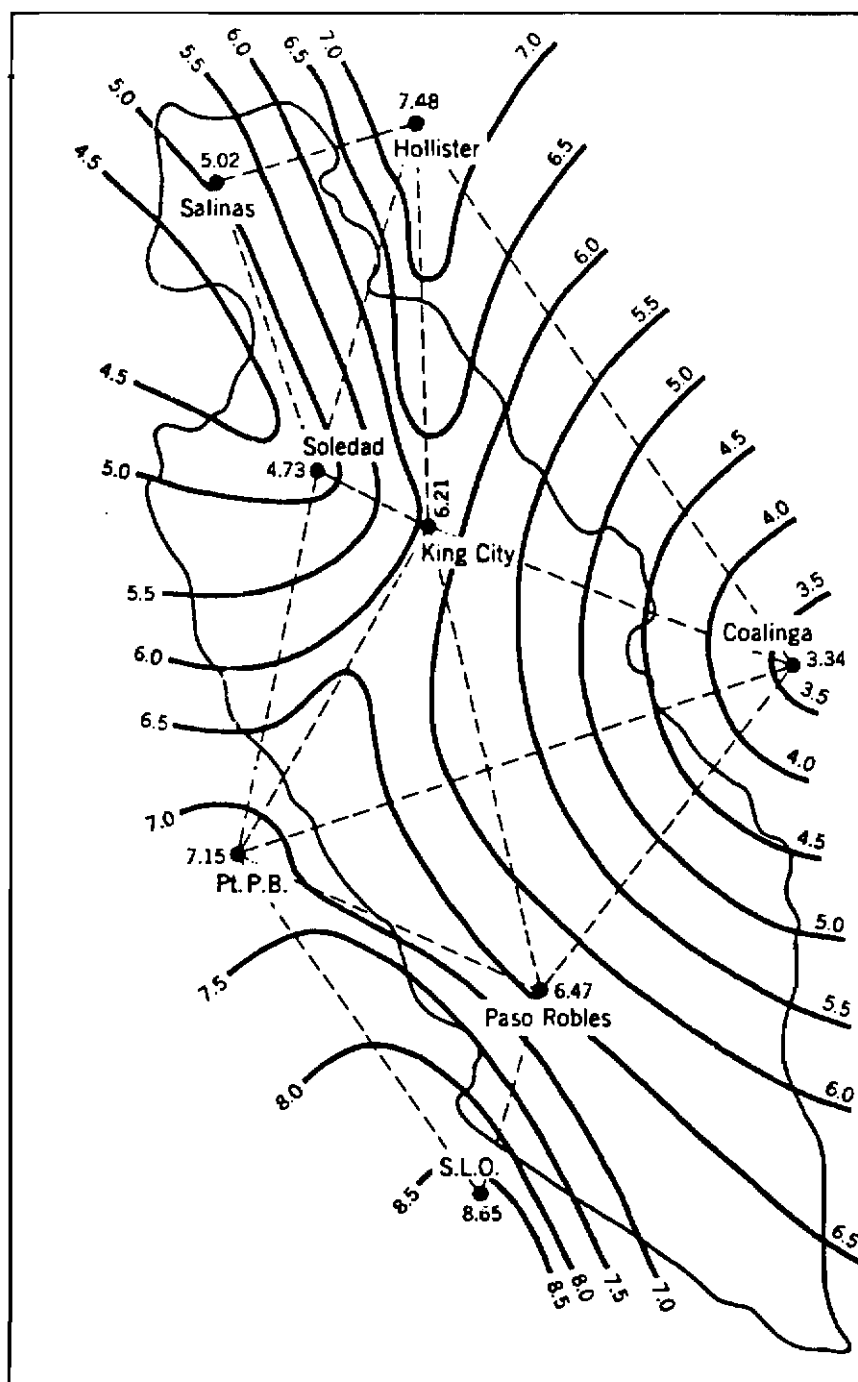
نوع سوم روش خطوط هم باران است. این خطوط نشان دهنده نقاطی است که بارندگی آنها یکسان است. پس از مشخص کردن مقدار بارندگی هر ایستگاه در روی نقشه، این خطوط را می‌توان ترسیم کرد. سپس مساحت بین دو خط همجوار تخمین زده و یا آن که بوسیله مساحت سنج اندازه‌گیری می‌شود. میانگین بارندگی در یک حوضه آبریز با توجه به معادله (۱) به دست

می‌آید. بطوری که A_1, A_2, \dots, A_n مساحت بین خطوط هم‌باران و P_1, P_2, \dots, P_n متوسط بارندگی در آن مساحت می‌باشد. در هنگام رسم خطوط هم‌باران باید اثر پستی و بلندی را بر روی مقدار باران در نظر داشت. بطور کلی با تطبیق نقشه‌های هم‌باران نسبت به عوامل مختلفی که بر مقدار باران مؤثر واقع می‌شود، می‌توان آنها را تصحیح کرد. چون ایستگاه‌های اندازه‌گیری باران معمولاً "در مناطقی نصب می‌شود که امکان دسترسی به آنها فراهم باشد و



شکل ۳-۴: حوضه آبریز رودخانه سالیناس، روش تیسن

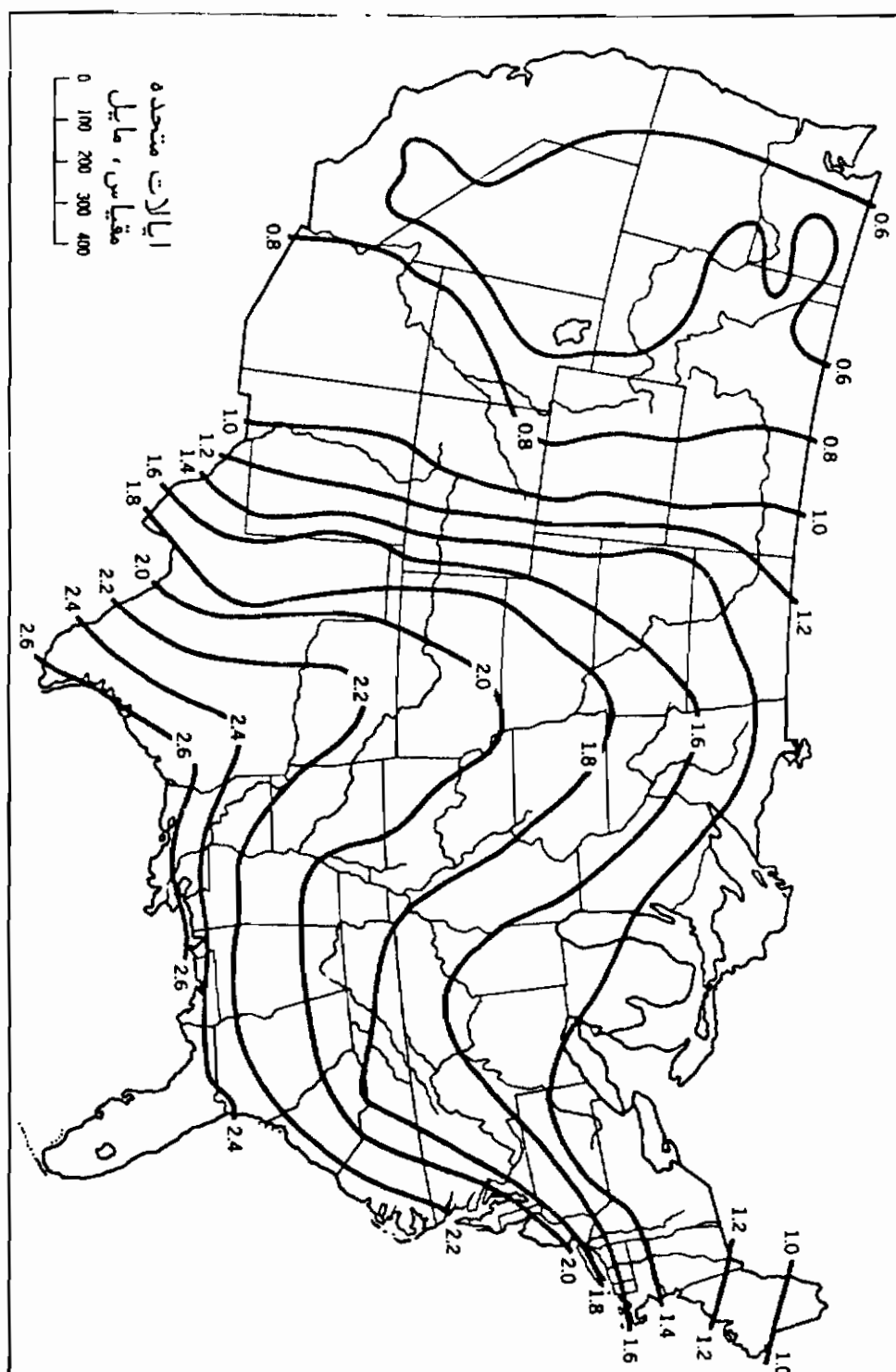
تعداد کمی از آنها در مناطق کوهستانی قرار می‌گیرد، لذا در هنگام تهیه نقشه‌های هم‌باران باید اثر ارتفاعات کوهستانی را نیز بر بارندگی مورد توجه قرار داد.



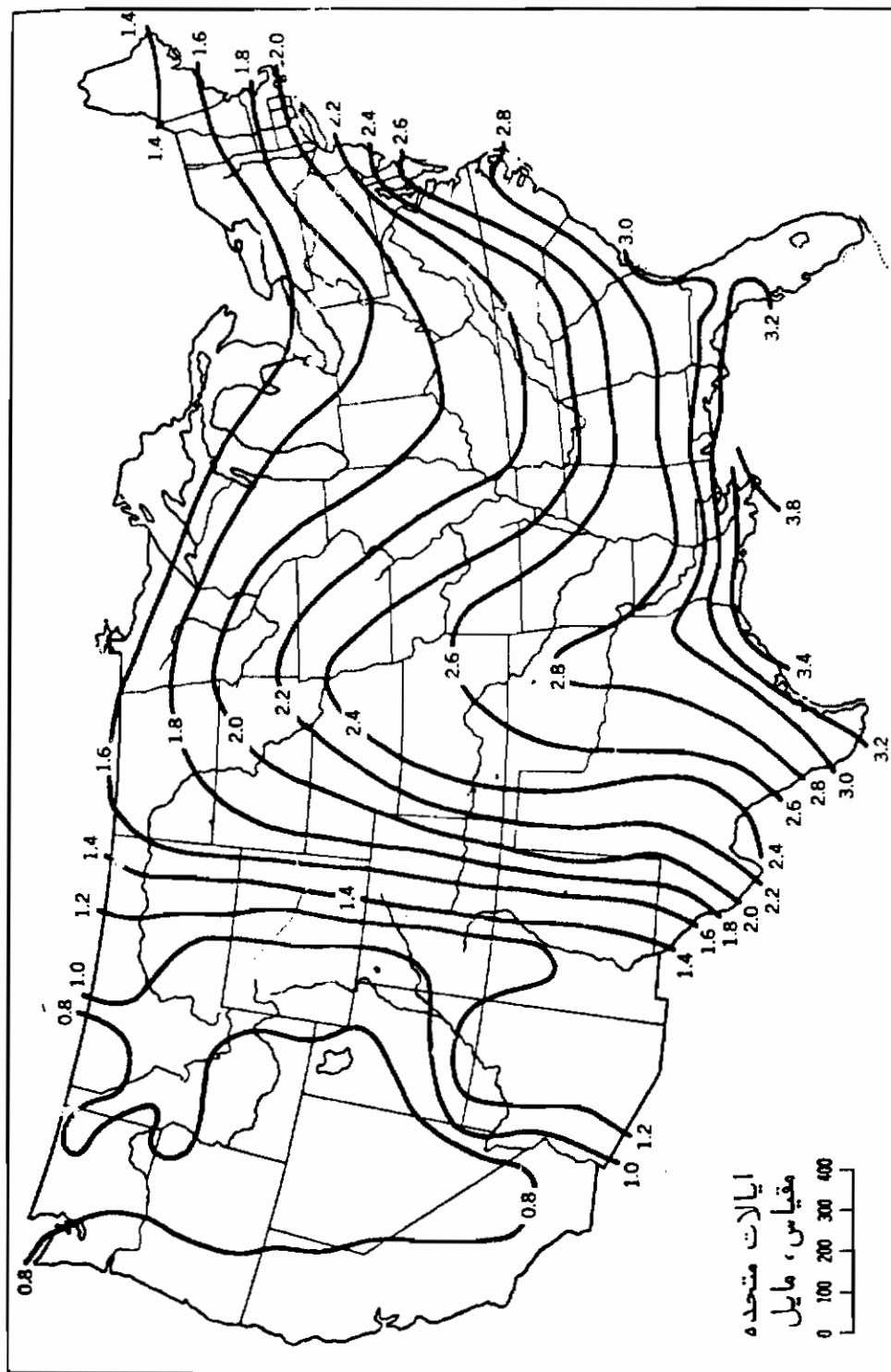
شکل ۳-۵: روش خطوط هم‌باران

فراوانی وقوع بارندگی:

تاسیساتی که برای انتقال رواناب حاصله از بارندگیها ساخته می‌شود باید براساس یک



شکل ۳-۶: بارانهای ۳۰ دقیقهای ۱۰ ساله آمریکا

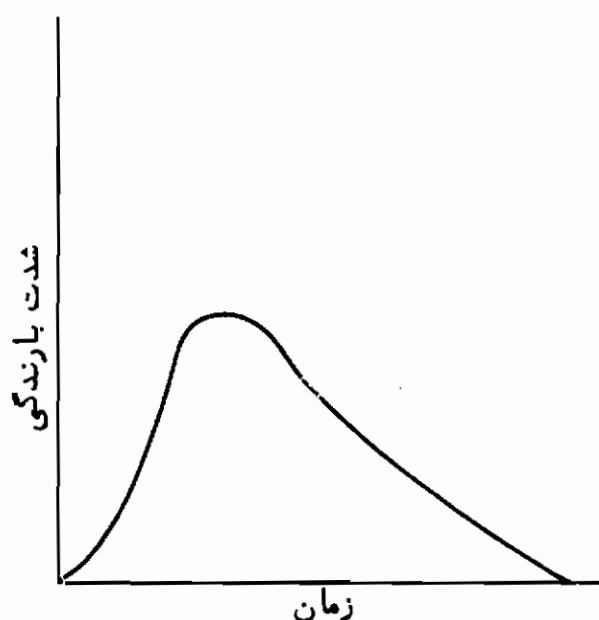


شکل ۳-۷: باران یک ساعته ۱۰ ساله در آمریکا

بارندگی مورد انتظار طراحی شود. معمولاً "طراحیها براساس زیادترین بارانی که با فراوانی وقوع مشخص خواهد بارید صورت می‌گیرد. فراوانی وقوع یک بارندگی نشان‌دهنده تعداد سالهایی است که بین وقوع یک بارندگی و بارانی مشابه یا بزرگتر از آن وجود دارد. به عبارت دیگر متوسط دوره برگشت بارانی مشابه یا بزرگتر از مقدار مشخص است. مثلاً یک باران یک ساعته ۱۰ ساله به بارندگی گفته می‌شود که مشابه یا بزرگتر از آن در هر ۱۰۰ سال فقط ۱۰ بار اتفاق بیفتد. البته این بدان معنی نیست که درست هر ۱۰ سال یکبار چنین بارانی اتفاق خواهد افتاد بلکه ممکن است چنین بارانی زودتر از ۱۰ سال هم اتفاق بیفتد و شاید دوتا از این بارندگیها در یک سال و یا حتی در یک ماه اتفاق بیفتد و باز هم دوره برگشت متوسط آنها ۱۰ سال باشد.

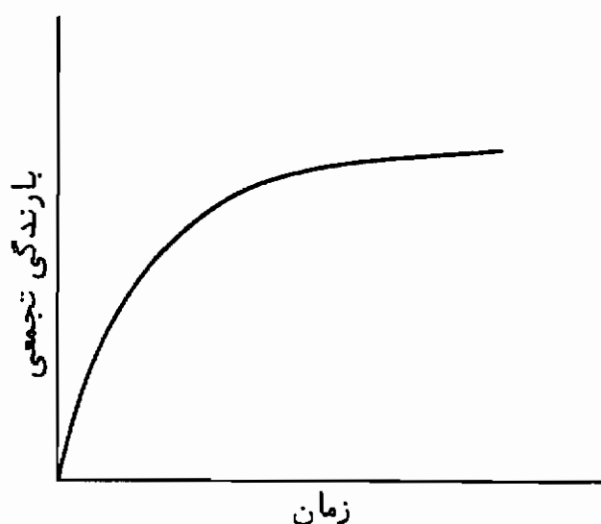
مشخصات بارندگی

شدت بارندگی عبارت است از میزان بارندگی در هر لحظه از زمان و برحسب میلی‌متر در ساعت مشخص می‌شود. شدت بارندگی در طول مدت بارندگی مرتب تغییر می‌کند. اگر مقدار بارندگی در طول مدت مثلاً یک ساعت برابر ۲۵ میلی‌متر باشد در این صورت شدت بارندگی هم ۲۵ میلی‌متر در ساعت خواهد بود. حال آنکه در طول آن یک ساعت زمسانی بوده است که شدت بارندگی بیش از ۲۵ میلی‌متر در ساعت بوده است و زمانهایی هم وجود داشته است که شدت بارندگی به مراتب کمتر از ۲۵ میلی‌متر در ساعت بوده است. شکل ۳-۸



شکل ۳-۸: منحنی شدت - مدت برای یک باران ایده‌آل

مقدار شدت بارندگی را در یک باران ایده آل نشان می دهد . بطوری که مشاهده می شود پس از شروع بارندگی شدت باران بطور خطی نسبت به زمان اضافه می شود تا این که به حداکثر خود می رسد . سپس از شدت آن بطور ملایم تری کاسته می شود تا به انتهای بارندگی برسد . در شکل ۳-۹ مقدار کل بارندگی از هنگام شروع بصورت تجمعی نشان داده شده است . این منحنی ابتدا سریعاً بالا می رود و سپس به سمت انتهای بارندگی شیب آن ملایم می شود .



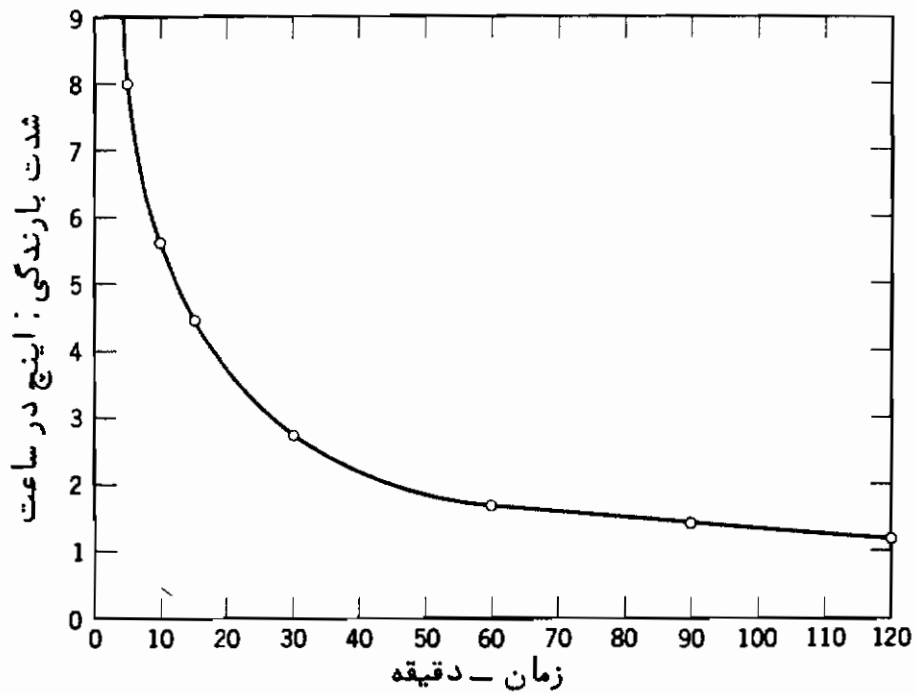
شکل ۳-۹: منحنی مقدار کل باران نسبت به زمان برای یک باران ایده آل

باران طرح (Design Storm)

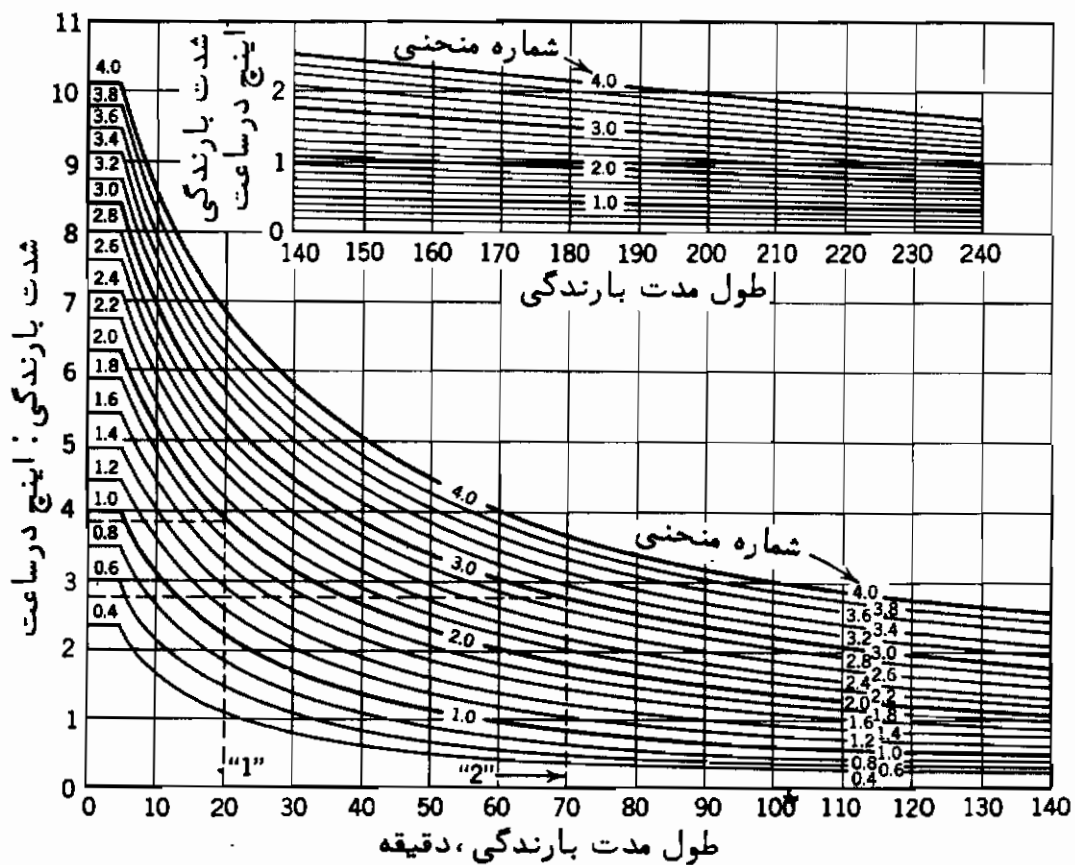
تاسیسات و ساختمانهای مربوط به زه کشی سطحی براساس بارانی با شدت و مدت معین طراحی می شود . این ساختمانها باید قادر باشند رواناب حاصله از چنین بارانی را از خود عبور دهند . حال مساله این است که برای طراحی چگونه بارانی را باید در نظر گرفت . قدم اول این است که کلیه آمار بارندگیهای منطقه را ردیف کنیم . از این آمار بارانهای شدیدی که تا بحال باریده است انتخاب می گردد . سپس آمار شدیدترین بارانها نیز ردیف می شود تا شدیدترین بارانی که در فاصله زمانی معین قرار دارد ، مشخص گردد . به عبارت دیگر برای بارانهای ۵ دقیقه ای شدیدترین بارانی که در مدت ۵ دقیقه باریده است معلوم می گردد یا برای مدت ۱۰ دقیقه حداکثر مقدار بارانی که در مدت ۱۰ دقیقه باریده است مشخص می گردد . قدم بعدی این است که آمار بارانهای شدید به ترتیب نزولی ردیف شود در جدول ۳-۱ نحوه ردیف کردن آمار تعدادی از بارندگیها مشاهده می شود . توجه شود که بارانهای ۱۰، ۱۵ و ۳۰ دقیقه ای از یک بارندگی گرفته نشده اند بلکه نشان دهنده شدیدترین بارشی است که اتفاق افتاده است . چون هر کدام از این حداکثرها از آمار مربوط به تعداد زیادی باران گرفته شده است لذا به آن باران مرکب گفته می شود .

جدول (۳-۱): آمار ردیف شده بارندگی
شدیدترین بارانها در سال در طول مدت ۳۱ سال (۱۹۵۴ تا ۱۹۳۴)
در این جدول فقط بارانهایی که از حد مشخص بیشتر بودند نوشته شده است

مدت	۵ دقیقه	۱۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۲۰ دقیقه
آمار اداره هواشناسی امریکا	سال	سال	سال	سال	سال	سال	سال
	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ	بارندگی به اینچ
	1908 0.85	1908 1.20	1908 1.40	1908 1.74	1908 2.15	1908 2.46	1915 2.97
	1921 0.76	1915 1.04	1915 1.18	1904 1.55	1904 1.92	1915 2.38	1908 2.63
	1915 0.73	1921 0.93	1904 1.11	1915 1.36	1915 1.70	1904 2.14	1904 2.34
	1934 0.72	1904 0.88	1921 1.03	1921 1.22	1926 1.45	1921 1.81	1921 2.12
	1929 0.66	1926 0.84	1926 0.97	1926 1.18	1921 1.40	1926 1.65	1926 1.83
	1926 0.62	1934 0.80	1934 0.92	1931 1.10	1914 1.33	1914 1.50	1917 1.64
	1931 0.51	1929 0.78	1929 0.90	1934 1.05	1931 1.25	1931 1.40	1914 1.55
	1904 0.45	1931 0.68	1931 0.82	1929 1.01	1934 1.20	1917 1.36	1931 1.51
	1917 0.36	1911 0.52	1911 0.67	1911 0.95	1929 1.14	1934 1.34	1934 1.46
	1914 0.28	1917 0.51	1917 0.62	1917 0.83	1911 1.11	1929 1.27	1929 1.41
1911 0.21	1914 0.39	1914 0.50	1914 0.79	1917 1.09	1911 1.23	1911 1.34	



شکل ۳-۱۰: منحنی شدت - مدت بارندگی



شکل ۳-۱۱: منحنیهای استاندارد شدت - مدت. توجه: اعداد روی منحنیها نشان دهنده مقدار بارندگی در یک ساعت است (برحسب اینچ) تمام نقاط یک منحنی دارای یک فراوانی وقوع هستند.

حال باید یکی از این بارانهای مرکب را برای طراحی برگزید. آن بارانی که برگزیده می شود به نام باران طرح نامیده می شود. بارانی برایین اساس برگزیده می شود که در هر چند سال مشخص می توان انتظار داشت بارانی مشابه یا شدیدتر از آن بیارد. اگر انتخاب باران طرح براساس فرمول زیر صورت گیرد فرض برایین است که برای وقوع چنین بارانی یا شدیدتر از آن، در طی دوره مشخص، شانس مساوی (یک به یک) وجود دارد.

$$Y = ab \quad (2)$$

Y تعداد سالهایی است که آمار آن وجود دارد، a فراوانی وقوع باران طرح یا تعداد سالهایی است که می توان انتظار داشت بین یک باران مشخص و باران مشابه یا بزرگتر از آن وجود داشته باشد و b شماره ردیف آن باران در جدول تنظیم شده است.

مثلاً، فرض شود که آمار بارندگی برای مدت ۴۲ سال وجود داشته باشد، و می خواهیم بارانی را انتخاب کنیم که هر ۱۰ سال یک بار انتظار وقوع آن می رود. بنابراین $a = 10$ و چون $b = Y/a = \frac{42}{10} = 4.2$ است لذا باران ۱۰ ساله، بارانی است که شماره ردیف آن ۴/۲ باشد و بنابراین در جدول شدیدترین بارانها چهارمین عدد را انتخاب می کنیم. البته بارانهای شدیدتر از آن نیز در جدول وجود دارند ولی شانس ریزش آنها کمتر است.

سپس آمار بارانهای مرکب که باید در طراحی مورد استفاده قرار گیرد، بصورت منحنی شدت باران نسبت به زمان ترسیم می شود. برای مقایسه با منحنیهای استاندارد شدت-مدت مقدار اختیاری بارندگی در مدت یک ساعت در نظر گرفته می شود. مقادیر شدت بارندگی برای دوره های دیگر بفرای یک ساعت را می توان از منحنیهای استاندارد به دست آورد. مثلاً "فرض کنید که شدت بارندگی ۱/۸ اینچ در ساعت باشد. در شکل ۳-۱۱ منحنی ۱/۸ را انتخاب می کنیم و از روی آن شدت بارندگی را برای مدتهای دیگر به دست می آوریم. برای نمونه شدت باران برای زمان ۲۰ دقیقه ۳/۵ اینچ در ساعت خواهد بود.

بدین ترتیب از روی باران طرح، رواناب حاصله محاسبه شده و برای طراحی تاسیسات و ساختمانهای زهکشی مورد استفاده قرار می گیرد.

رواناب:

رواناب به آن قسمت از نزولات جوی گفته می شود که به صورت جریان سطحی یا زیر سطحی به طرف آبراهه ها، رودخانه ها، دریاچه ها و اقیانوس ها به راه می افتد. ولی بطور معمول این

اصطلاح فقط برای جریانهای سطحی به کار می‌رود. طراحی تاسیسات زه‌کشی از قبیل کانالها، آبگذرها، پلها و سایر ساختمانهای مهندسی، براساس مقدار روانابی است که در یک منطقه ایجاد می‌شود. در این رابطه لازم است حداکثر دبی رواناب حجم کل رواناب و هم‌چنین توزیع و دبی رواناب در طول سال مشخص گردد.

عوامل مؤثر بر رواناب:

قسمتی از باران قبل از رسیدن به زمین بوسیله شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود (برگاب). قسمتی دیگر در فرورفتگیهای سطح زمین جمع می‌شود که به آن نگهداشت سطحی گویند. قسمت دیگر در زمین نفوذ می‌کند و جذب خاک می‌گردد. مقدار آبی که توسط خاک نگهداری می‌شود بستگی به مقدار رطوبت خاک در زمان بارندگی دارد. رواناب زمانی در سطح زمین جاری می‌شود که شدت بارندگی یا میزان آبی که به زمین می‌رسد از توانایی جذب آب توسط خاک بیشتر باشد. اگر بارندگی بیش از نفوذ آب به داخل خاک باشد آب در سطح زمین جمع خواهد شد. قسمتی از آن در داخل گودالهای سطح زمین نگهداری می‌شود و لسی بلافاصله پس از آن که آب از ظرفیت نگهداشت سطحی بیشتر شد، در سطح زمین و سپس در آبراهه‌ها و مسیلهای طبیعی جاری می‌گردد. بین رواناب، مقدار بارندگی، میزان نفوذ آب در خاک و مقدار آبی که توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود همواره تعادل برقرار است. آبی که در سطح زمین به صورت نگهداشت سطحی باقی مانده است سرانجام یا به داخل خاک نفوذ می‌کند و یا تبخیر می‌شود.

مشخصات باران در تعیین مقدار رواناب نقش مهمی را ایفا می‌کند. در یک باران ملایم و آرام ممکن است تمام آب به صورت برگاب درآمده و یا کلاً جذب خاک شده و در آن جا باقی بماند. ولی در یک باران تند و شدید و کوتاه مدت ممکن است قسمت اعظم بارندگی به صورت رواناب درآید زیرا در این صورت شدت بارندگی به مراتب بیشتر از سرعت نفوذ آب به داخل خاک است.

در تعیین میزان رواناب، مشخصات حوضه‌ای که بارندگی روی آن می‌بارد نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. اندازه، شکل، جهت، پستی و بلندی، وضع زمین‌شناسی و نوع پوشش گیاهی حوضه آبریز همگی در تعیین مقدار رواناب نقش مهمی را ایفا می‌کند. هرچه سطح حوضه زیادتر باشد، حجم کل رواناب زیادتر خواهد بود ولی دبی جریان رواناب به همان نسبت اضافه نخواهد شد. با افزایش سطح حوضه حجم رواناب به ازای هر واحد سطح کاهش می‌یابد.

شکل حوضه نیز در رواناب مؤثر است. در یک حوضه آبریز باریک و دراز دبی رواناب کمتر از حوضه‌ای است که همان مساحت را دارد ولی شکل آن جمع و جورتر است. جهت حوضه نسبت به مسیر حرکت ابرهای باران‌زا نیز حائز اهمیت است. اگر طول حوضه به موازات این مسیر باشد در این صورت در ابرهایی که روبه‌آلا حرکت می‌کنند حداکثر دبی ایجاد شده کمتر از زمانی خواهد بود که ابرها روبه‌پایین حرکت کنند.

در مورد برگاب وزارت کشاورزی آمریکا ارقامی را ارائه داده است که می‌توان آنها را بعنوان تلفات آب در نتیجه فقدان بوسیله شاخ و برگ به‌کار برد این ارقام نشان می‌دهد که نگهداری آب بوسیله یرنج ۲ میلی‌متر، ذرت ۱ میلی‌متر، سوژا ۱ میلی‌متر، یولاف ۰/۲۵ میلی‌متر است.

همچنین از ارقام ارائه شده می‌توان نقش خاک را در سرعت نفوذ آب دریافت. خاک لوم شنی روستون (Houston) در طول مدت سه ساعت ۱۵ میلی‌متر آب را جذب می‌کند در صورتی مقدار جذب در خاک‌های دیگر بین ۱ میلی‌متر تا ۶۱ میلی‌متر متفاوت است. موقعیت خاک نیز نقش سهمی را ایفا می‌کند. اگر زمین در جهت شیب شخم خورده باشد هم مقدار رواناب و هم مقدار فرسایش زیاد خواهد بود. مثلاً در مورد خاک لومی مارشال (Marshall) با شیب ۸ درصد آزمایش شده است که ضریب رواناب از ۰/۱ به ۰/۳، افزایش می‌یابد و مقدار فرسایش از صفر به ۲۹/۳۷ تن در هکتار می‌رسد. در مورد خاک سیاه هوستون (Houston) با شیب ۴ درصد مقدار فرسایش از ۱۴/۴۲ به ۳۲/۸۲ تن در هکتار می‌رسد.

فرمول استدلالی برای تخمین حداکثر دبی رواناب

برای تخمین حداکثر دبی رواناب در حوضه‌های کوچک معمولاً از فرمول استدلالی استفاده می‌شود که شکل ساده آن به‌صورت زیر است:

$$Q = CiA \quad (۳)$$

در این فرمول Q - حداکثر دبی رواناب بر حسب فوت مکعب در ثانیه

C ضریب رواناب

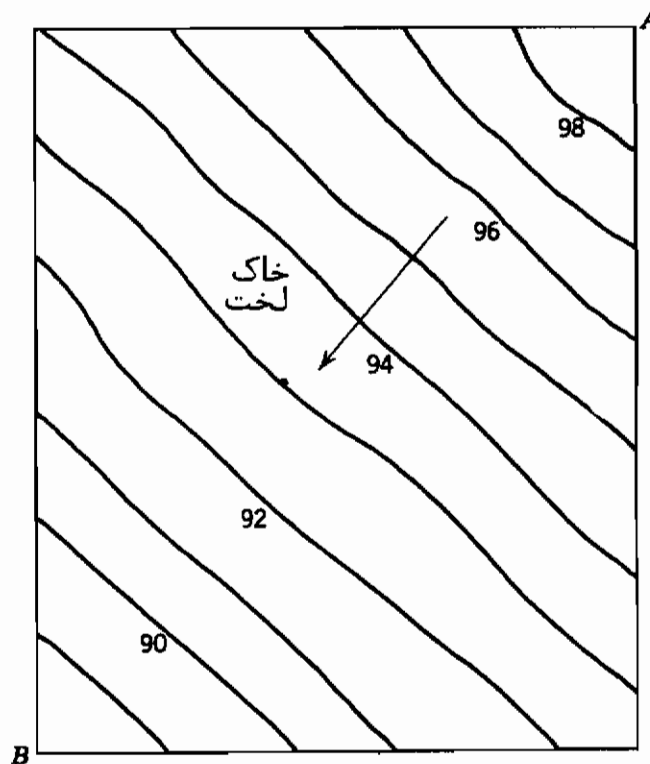
i شدت بارندگی (بارانی با دوره برگشت مشخص و مدتی معادل زمان

تمرکز حوضه) بر حسب اینچ در ساعت

A مساحت حوضه بر حسب ایکر می‌باشد.

زمان تمرکز (TOC) Time of Concontration

زمان تمرکز یک حوضه آبریز عبارت است از مدت زمانی که طول می‌کشد تا آب از دورترین نقطه حوضه به انتهای آن (محل خروج آب) برسد. اگر فرضاً "مدت بارندگی برابر زمان تمرکز باشد در این صورت تمام نقاط حوضه همزمان در دبی روانابی که از حوضه خارج می‌شود سهیمند. مثلاً" چنانچه بارانی در ساعت ۸ صبح شروع و در ساعت ۸/۲۰ تمام نقاط سطح حوضه در دبی روانابی که از انتهای حوضه یا محل موردانتظار ما برای ساختن تأسیسات آبی می‌گذرد شرکت داشته باشد، در این صورت گفته می‌شود که زمان تمرکز حوضه ۲۰ دقیقه است. با شروع بارندگی، اگر فرض شود که قطرات باران بطور یکنواخت روی حوضه می‌بارد، دیر یا زود مقدار باران بیشتر از سرعت نفوذ آب به داخل خاک می‌شود و سرانجام آب در سطح زمین جاری خواهد شد. در شکل ۳-۱۲ یک حوضه زهکش مستطیلی شکل نشان داده شده است که در گوشه پایین سمت چپ آن آبگذر یا محل خروج آب از منطقه وجود دارد. شیب رو به بالای زمین به طرف نقطه A است. بارانی که در نقطه B می‌بارد بلافاصله وارد آبگذر می‌شود ولی قطره‌ای که در نقطه A می‌بارد به طرف B به راه می‌افتد و سپس جای آن را قطره دیگری می‌گیرد. قطره A به حرکت خود ادامه می‌دهد تا به آبگذر برسد و در آن جا به قطره



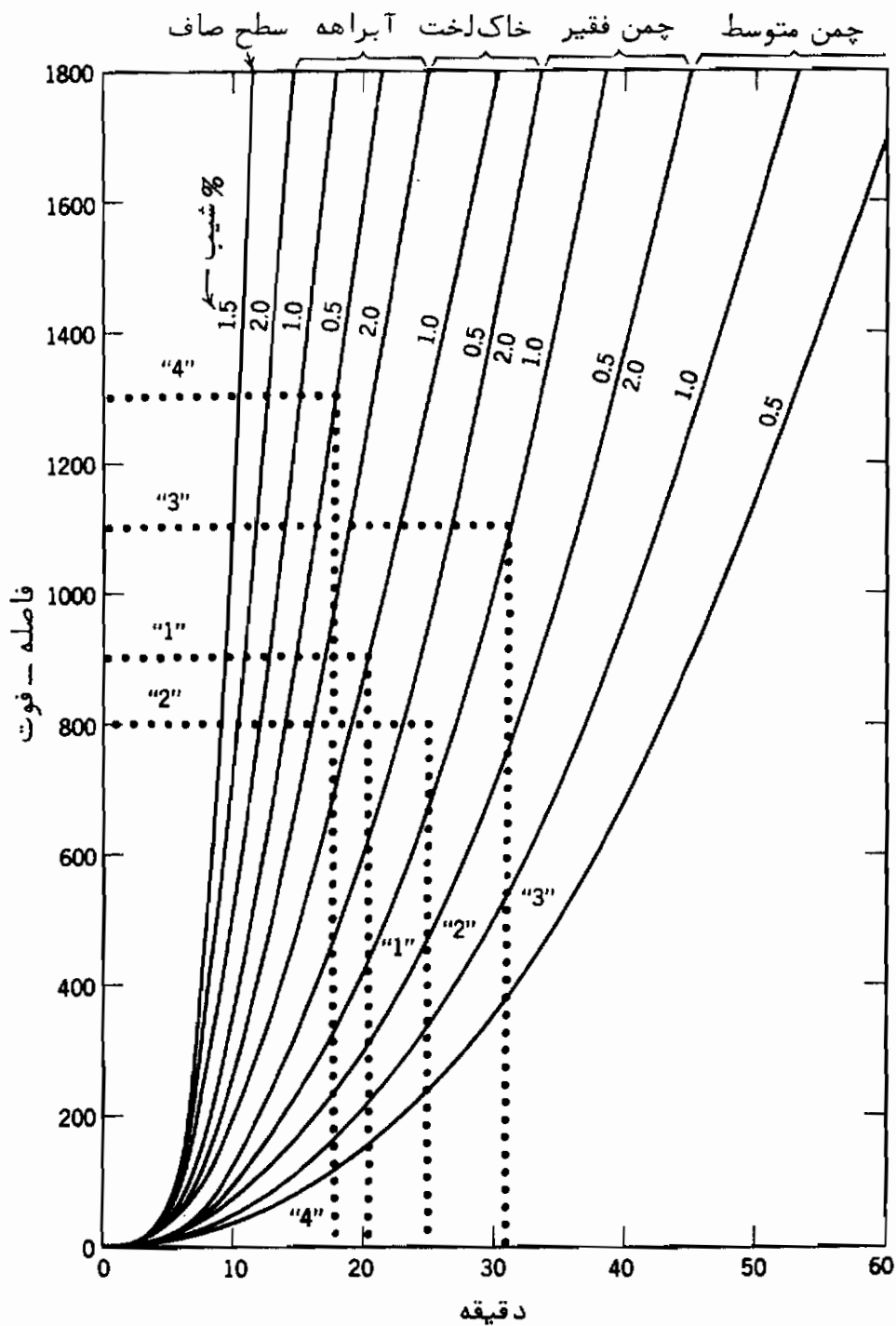
شکل ۳-۱۲: زمان تمرکز عبارت از مدت زمانی است که طول می‌کشد تا یک قطره آب از نقطه A به B برسد.

تازه‌ای که در نقطه B باریده است ملحق می‌شود و همراه با قطرات دیگری که در طول مسیر به آن ملحق شده وارد آبگذر می‌گردد. در این لحظه می‌توان گفت که تمام نقاط حوضه در دبی خروجی از آبگذر سهمینند. تا قبل از این لحظه نقطه A در دبی آبگذر سهمین نبوده است. زمانهای مختلف جداگانه‌ای در مسیر جریان وجود دارد که بر مقدار زمان تمرکز موثر واقع می‌شود، مانند زمان لازم برای ورود آب به کانال زهکش و زمان لازم برای آن که آب جاری شده در کانال به نقطه مورد نظر برسد. عامل دیگری که بر زمان تمرکز مؤثر است زمان جریان روی زمینی است که با علامت TOF نشان داده می‌شود.

زمان جریان روی زمینی (TOF), Time of Overland Flow

زمان جریان روی زمینی بستگی به شیب زمین، خصوصیات سطح زمین، طول مسیر جریان و تعدادی عوامل پیچیده دیگر دارد. در شکل ۳-۱۳ مقادیری برای زمان جریان روی زمینی برای پوشش مختلف سطح، شیب و طول مسیر ارائه شده است. این مقادیر در طراحی‌هایی که توسط کارشناسان گروه مهندسی ارتش آمریکا و دیگر مؤسسات دولتی صورت می‌گیرد مورد استفاده واقع می‌شود. اگر سطح حوضه دارای شرایط مختلف باشد زمان جریان روی زمینی از حاصل جمع زمانهای محاسبه شده در طول قسمت‌های مختلف مسیر از دورترین نقطه تا محل دهانه خروجی به دست می‌آید.

جهت جریان روی زمینی عمود بر جهت کلی خطوط تراز است. برای بدست آوردن مقدار واقعی‌تر زمان تمرکز بهتر است حداکثر طولهای ممکن مسیر جریان را مورد بررسی قرار داد. مثالی می‌زنیم برای تعیین زمان تمرکز: فرض کنیم که در شکل ۳-۱۲ شیب متوسط بین نقطه A و B برابر یک درصد، طول مسیر ۹۰۰ فوت (۲۷۰ متر) و زمین فاقد پوشش گیاهی است. بطوری که در شکل ۳-۱۳ با نقطه چین نشان داده شده است (نقطه چین شماره ۱) زمان تمرکز ۲ دقیقه تخمین زده می‌شود. در استفاده از این شکل باید زمان تمرکز را نسبت به نزدیکترین عدد قرائت شده بر حسب دقیقه روند کرد زیرا این نمودار برای زمانهای کم‌تر از یک دقیقه دقیق نمی‌باشد.



شکل ۳-۱۳: منحنیهای زمان جریان

استفاده از فرمول استدلالی:

در فرمول استدلالی $Q = CiA$ مقدار Q (دبی) برحسب فوت مکعب در ثانیه A سطح حوزه برحسب ایکرو و i شدت بارندگی است که با استفاده از منحنیهای باران طرح، و زمان

تمرکز حوضه آبریز به دست می‌آید و واحد آن اینچ در ساعت می‌باشد. مثلاً "اگر باران طرح ۲ اینچ در ساعت و زمان تمرکز ۲ دقیقه باشد و بخواهیم i را برای استفاده در فرمول استدلالی به دست آوریم برای این منظور از منحنیهای استاندارد شدت - مدت استفاده می‌شود. عدد ۲۰ را روی محور x ها پیدا و از آن نقطه عمودی بر محور رسم می‌کنیم تا منحنی را قطع کند از نقطه تلاقی نیز خط افقی رسم می‌شود تا با محور y ها تلاقی کند. مقدار i از روی محور y ها قرائت می‌شود که معادل ۳/۹ اینچ در ساعت است.

جدول ۳-۲: مقدار کل برگاب در فصل رویش

نوع گیاه	دوره رشد	تعداد بارانها	مقدار بارندگی (میلی متر)	مقدار برگاب (میلی متر)	درصد
یونجه	۱۷ اردیبهشت تا ۲۴ شهریور	۴۶	۲۷۰	۹۵	۳۵
ذرت	۶ خرداد تا ۲۴ شهریور	۲۷	۱۷۸	۲۸	۱۶
سوزا	۱۲ خرداد تا ۱۶ مرداد	۲۴	۱۵۶	۲۳	۱۵
یولاف	۲۶ فروردین تا ۸ تیر	۳۵	۱۶۹	۱۲	۷

جدول ۳-۳: اثر نوع خاک بر سرعت نفوذ

خاک	عمق (متر)	مقدار کل نفوذ در طی سه ساعت (بر حسب میلی متر)
لوم رسی دویدسون	۲	۶۱
لوم ایردل	۲	۱
لوم شنی درستون	۱/۵	۱۵۴
لوم رسی شنی گرین ویل	۱	۱۵
لوم رسی ساس کاچانا	۱/۲	۷

جدول ۳-۴: مقدار ضریب رواناب

نوع سطح خاک	مقدار ضریب C
آسفالت یا بتون	۰/۹۵ تا ۱/۰
سنگ فرش	۰/۴۰ تا ۰/۸
سطح گراولی	۰/۳ تا ۰/۷
خاک نفوذپذیر، تقریباً "مسطح"، چمنزار انبوه	۰/۱ تا ۰/۳
خاک نفوذپذیر با شیب زیاد و پوشش پراکنده	۰/۳ تا ۰/۷
پوشش جنگلی (بسته به شیب و نوع خاک)	۰/۰۲ تا ۰/۳
سنگ، خاک لخت (بسته به شیب و نوع خاک)	۰/۳ تا ۰/۸

مسائل

۱- (الف) از روی آمار زیر منحنیهای شدت - مدت را برای بارانهای مرکب ۲ و ۵ و ۱۰ ساله رسم کنید آمار به مدت ۲۲ سال جمع آوری شده است.

مدت، دقیقه						
5	10	15	30	60	90	120
0.84 in.	1.27 in.	1.45 in.	1.78 in.	2.19 in.	2.53 in.	2.82 in.
0.74	1.14	1.27	1.58	1.95	2.30	2.60
0.71	1.00	1.15	1.38	1.78	2.15	2.40
0.70	0.93	1.03	1.22	1.46	1.82	2.10
0.68	0.83	0.94	1.15	1.35	1.60	1.84
0.64	0.80	0.91	1.13	1.32	1.54	1.68
0.50	0.75	0.90	1.08	1.26	1.43	1.56
0.48	0.69	0.83	1.00	1.23	1.34	1.52
0.34	0.56	0.66	0.94	1.18	1.31	1.46
0.29	0.53	0.64	0.84	1.10	1.25	1.40
0.24	0.39	0.46	0.78	1.06	1.21	1.33
0.23	0.36	0.45	0.68	1.05	1.20	1.31
0.21	0.35	0.43	0.65	1.01	1.19	1.25
0.19	0.32	0.39	0.64	0.98	1.09	1.18

(ب) با استفاده از منحنیهای استاندارد شدت - مدت، مقدار شدت بارندگی را برای زمانهای ۲۰، ۹۰، ۱۵۰ دقیقه به دست آورید.

۲ - در محل سکونت خودتان، آمار بارندگی را جمع آوری و خطوط همباران را برای آن منطقه رسم کنید .

۳ - مقدار بارندگی را برای یک منطقه دلخواه به روش تیسن به دست آورید .

۴ - در محل سکونت خودتان ، آمار مربوط به شدت بارندگی را جمع آوری کنید و از روی آن شدیدترین بارانهایی را که اتفاق افتاده ردیف نمایید .

۵ - میانگین بارندگی را با توجه به آمار زیر به روش تیسن به دست آورده و عدد به دست آمده را با میانگین ریاضی مقایسه کنید .

ایستگاه	سطح (برحسب هکتار)	مقدار بارندگی (برحسب میلی متر)
۱	۲۲/۵	۴۴/۵
۲	۶/۳	۵۳
۳	۱۰/۷	۴۹
۴	۷/۸	۵۸
۵	۵/۴	۴۶
۶	۱۳/۲	۴۰

مآخذ

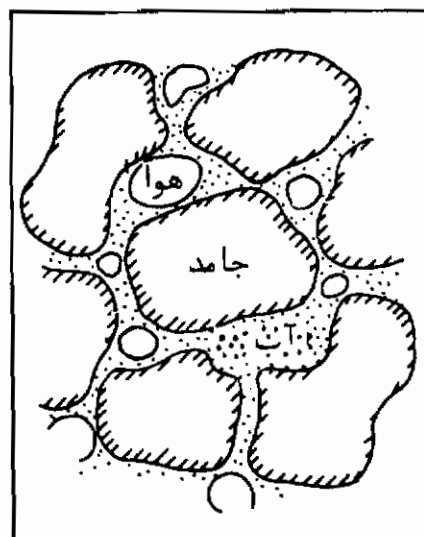
- Horn, D. L. and G. O. Schwab. 1963. Evaluation of rational runoff coefficients for small agricultural watersheds. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, 6:195-198, 201, 233.
- Thiessen, A. H. 1911. Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Review*, July, p. 1082.
- U.S. Department of Agriculture. 1941. Climate and man. *Yearbook of Agriculture*, 1941.
- U.S. Weather Bureau. 1955. Rainfall intensities for local drainage design in the United States. *Tech. Paper* 24, Part I.
- U.S. Weather Bureau. 1955. Rainfall intensity-duration-frequency curves. *Tech. Paper* 25.
- Wisler, C. O. and E. F. Brater. 1959. *Hydrology*. John Wiley and Sons, New York. 408 pp.
- Yarnell, David L. Rainfall intensity-frequency data. *U.S. Dept. Agr. Misc. Publ.* 204.

فصل چهارم

خاکها

تعریف خاک

معنی خاک برای افراد مختلف گوناگون است . برای یک مهندس ، خاک موادی است که مقاومت پی‌ها ، جاده‌ها و فرودگاه‌ها را تحمل کند . تعریف مهندسی خاک بسیار وسیع است . خاک می‌تواند به کلیهٔ موادی اطلاق شود که پوستهٔ صخره‌ای سطح زمین را می‌پوشاند . متخصصین خاک‌شناسی یا پدولوژیست‌ها خاک را جزئی از پوستهٔ زمین می‌دانند که در نتیجه فرایندهای خاک‌سازی ، تغییر پیدا کرده است . خاک‌شناس به پوشش سطحی که تحت تاثیر نیروهای هوا و اقلیم قرار گرفته است ، توجه خاص دارد . البته توجه او به همان لایه سطحی تا عمق ۲ تا ۳ متر محدود می‌باشد .



شکل ۴-۱: نمایش تصویری سه‌جزء سیستم خاک

در کارهای زه‌کشی کشاورزی، تنها به‌خاکی که بر طبق تعریف خاک‌شناسان در لایه سطحی تشکیل می‌شود توجه نمی‌شود بلکه لایه‌های عمیق‌تر، که خارج از دسترس عوامل تشکیل دهنده خاک است، نیز در نظر گرفته می‌شود. در مرحله اول لایه‌های سطحی که رشد گیاه وابسته به آن است مورد نظر می‌باشد ولی لایه‌های عمیق‌تر خاک که آب را از خود عبور می‌دهد، نیز حائز اهمیت است.

جزء جامد خاک

خاک علاوه بر اجزاء جامد که قابل رویت و حس است از اجزاء دیگری نیز تشکیل می‌شود. خاک دارای هوا، و جزء مایعی نیز می‌باشد که به اسم رطوبت خاک نامیده می‌شود. هریک از این اجزاء در استفاده خاک از نظر رشد گیاه یا در کارهای مهندسی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. جزء جامد خاک از ذرات شن، ماسه و رس و مواد آلی و ترکیبات مختلف شیمیایی تشکیل یافته است. ذرات اصلی خاک معمولاً "به هم پیوند شده و واحدهای بزرگتری را که اصطلاحاً "ساختمان خاک نامیده می‌شود، بوجود می‌آورند. ابتدا به تشریح ذرات اصلی خاک، ماهیت و طرز عمل آنها می‌پردازیم.

رس:

رسها احتمالاً "مهمترین گروه ذرات خاک به شمار می‌رود. قطر این ذرات کمتر از دو میکرون است و از نظر حاصلخیزی خاک و تاثیر آن بر خواص کلی خاک، مثل نفوذپذیری و خصوصیات مکانیکی حائز اهمیت فراوان است. رسها ترکیبات آلومینوسیلیکات می‌باشند. عناصر اصلی را آلومینیم و سیلیس تشکیل می‌دهند که به صورت ساختمان کریستالی بهم پیوند شده‌اند. ساختمان رسها را می‌توان به وسیله اشعه ایکس بررسی کرد و انواع گوناگون آن را مشخص ساخت. رسها نه تنها از نظر ساختمان بلکه از نظر خصوصیات نیز با یکدیگر متفاوت است. با توجه به این که رسها بر روش زه‌کشی خاک اثر فراوان دارد بهتر است برخی از خصوصیات آنها را مورد رسیدگی قرار دهیم.

گروه کائولین: رسهای گروه کائولین دارای شبکه ساختمانی ثابتی می‌باشد. این رسها را می‌توان لایه‌های مطبق (۷ انگستروم) اکسیژن، سیلیس، اکسیژن و هیدروکسیل آلومنیوم و هیدروکسیل دانست که لایه‌های مجاور بوسیله پیوندهای محکم هیدروژن به یکدیگر متصل شده است.

هیدراته شدن (hydration) کانیهای کائولین نسبتاً کم است. بدین جهت اثر تغییرات رطوبت بر انقباض و انبساط آن ناچیز است. تبادل بازی یا تبادل کاتیونی آنها نیز کم بوده و بسیاری از خاکهای کائولینی از حاصلخیزی کمی برخوردارند. از گروه کائولین می‌توان کائولینایت، دیکایت، ناکرایت، اندلایت، متاهالوسایت و غیره را نام برد. گروه مونت موریلونیت: مهمترین خاصیت گروه موریلونیت جذب آب بوسیله بلورهای شبکه آن است. ثابت شده است که این شبکه‌ها برحسب مقدار آب موجود انقباض و انبساط پیدا می‌کند.

نیروهای پیوندی بین لایه‌های مجاور شبکه خیلی کم می‌باشد بطوری‌که آب، می‌تواند به‌داخل آن نفوذ کند و سبب تورم آن گردد. در حین خشک‌شدن یا خارج‌شدن آب، شبکه آن نیز منقبض می‌گردد. به‌علت انقباض و انبساط مونت‌موریلونیت این نوع مواد برای کارهای پی‌سازی مناسب نیست و قابلیت نفوذ آنها نیز اندک است.

سیلت

ذرات سیلت از نظر اندازه بین 0.005 تا 0.05 میلی‌متر متغیر (در سیستم طبقه‌بندی unified engineering) و با ذرات رس کاملاً متفاوت است. معمولاً "سیلت وارد واکنش‌های شیمیایی نمی‌شود. همچنین در اثر آب متورم نمی‌شود و مقدار ظرفیت تبادل یونی آن نیز جزئی است.

در هنگام لمس خاک با دست به آسانی می‌توان سیلت را به‌علت دارا بودن خاصیت لغزندگی تشخیص داد. این خاصیت ظاهراً "به دلیل ماهیت صفحه‌ای شکل ذرات سیلت است. چون ذرات سیلت در هنگام خیس‌شدن به آسانی روی یکدیگر می‌لغزند لذا این مواد برای کارهای ساختمانی مناسب نمی‌باشند. ناپایداری آنها نیز موجب می‌شود که نگهداری کانالهای روباز حفاری شده در خاکهای سیلته به اشکال صورت گیرد. هم‌چنین ذرات سیلت ممکن است به‌داخل لوله‌های سفالی زه‌کش وارد شده و منافذ آن را مسدود نماید.

شن

ذرات شن ممکن است به‌اندازه بلورهای نمک، بزرگ و یا به‌اندازه پودر قند کوچک و یا هر نوع اندازه‌ای بین این حدود باشد. اگر تکه‌ای از خاک مرطوب را بین انگشتان مالش دهیم می‌توان وجود شن را از روی زبری و خشونت آن تشخیص داد. گاهی اوقات شنهای نرم نیز

مانند سیلت به خاک حالت ناپایداری می‌دهند. غالباً "نگهداری کانالهای روباز در خاکهای شنی بسیار مشکل است."

منافذ خاک

منافذ خاک فضای خالی بین ذرات جامد را تشکیل می‌دهد. ذرات جامد ممکن است یا بصورت دانه‌های مجزا باشد و یا آن‌که از خاک دانه‌های متشکل از ذرات منفرد تشکیل یافته باشد. در منافذ خاک است که می‌توانیم دو جزء دیگر سیستم خاک یعنی هوا و آب را مشاهده کنیم.

تخلخل کل

حجم کل منافذ خاک را تخلخل آن گویند که معمولاً "برحسب درصد توصیف می‌گردد. اگر تخلخل با n باشد:

$$n = \frac{\text{حجم هوا} + \text{حجم آب}}{\text{حجم هوا} + \text{حجم آب} + \text{حجم جزء جامد}} \times 100$$

با وجودی که تخلخل در وهله اول بستگی به اندازه ذرات خاک دارد، ولی نقش ساختمان خاک نیز در این مورد حائز اهمیت است. تخلخل خاکهای شنی ممکن است بین ۳۵ تا ۵۰ درصد باشد حال آن‌که در مورد خاکهای رسی بین ۳۵ تا ۶۰ درصد است. به عبارت دیگر هرچه ذرات تشکیل دهنده خاک کوچکتر باشند، تخلخل آن نیز بیشتر است.

نسبت پوکی (void ratio)، e ، عبارت است از نسبت حجم فضای خاک به حجم جزء جامد آن. این نسبت همواره برحسب اعشار توصیف شده و ممکن است از یک نیز بیشتر باشد. این مقدار ممکن است از ۳/۵ برای مواد دانه‌ای خیلی متراکم تا ۲ برای خاکهای رسی متغیر باشد.

تخلخل، و معمولاً از آن نسبت پوکی، در کارهای مهندسی، مخصوصاً "پی‌سازی حائز اهمیت است. بین تخلخل و نفوذپذیری خاک نسبت مستقیمی وجود ندارد. وزن مخصوص ظاهری عبارت است از وزن خاک بخش برحجم آن.

توزیع اندازه منافذ

مهم‌تر از تخلخل، توزیع اندازه منافذ است زیرا اندازه منافذ بر جریان آب و هوا در

داخل خاک تاثیر می‌گذارد. در بخش بعدی مشاهده خواهد شد که چطور با داشتن توزیع ذرات خواهیم توانست نفوذپذیری خاک را محاسبه کنیم. در مورد فرضیه لوله‌های موئین و تعیین توزیع اندازه منافذ در فصل مربوط به آب خاک توضیحات بیشتری داده خواهد شد.

طبقه‌بندی خاک

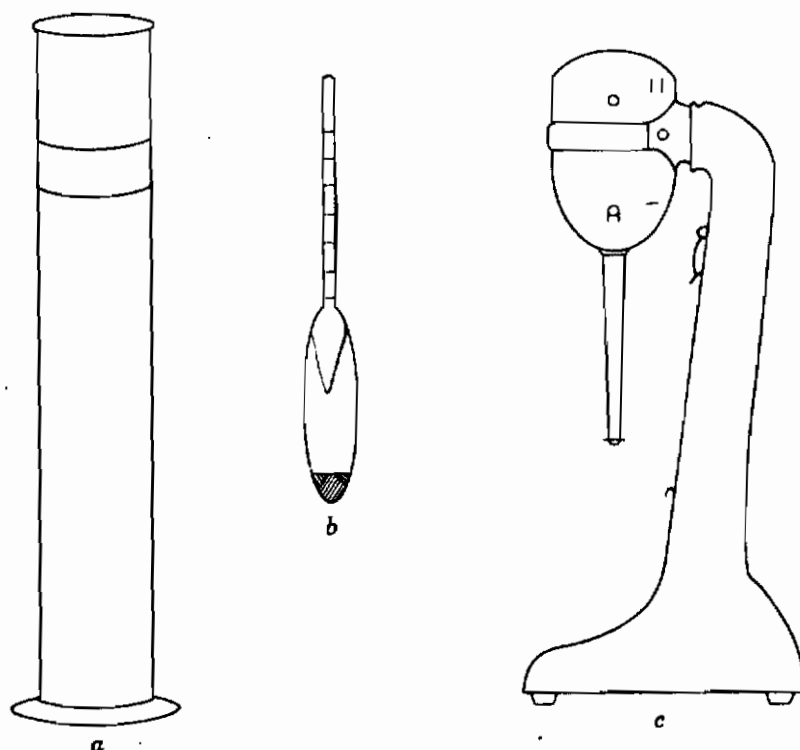
طبقه‌بندی مهندسی

برای طبقه‌بندی خاک روشهای گوناگونی وجود دارد، یک مهندس بر مبنای این که رفتار خاک به عنوان ماده‌ای که در کارهای ساختمانی بکار برده می‌شود چگونه خواهد بود آن را طبقه‌بندی می‌نماید. یکی از چندین سیستم طبقه‌بندی خاک که امروزه بوسیله مهندسين به کار برده می‌شود سیستم طبقه‌بندی واحد (Unified Soil-Classification System) است. اساس سیستم طبقه‌بندی واحد این است که خاک طبیعی بندرت بصورت شن، ریگ یا هریک از اجزاء تشکیل دهنده آن یافت می‌شود بلکه مخلوطی از این اجزاء است. هریک از اجزاء مخلوط خصوصیات خود را ظاهر ساخته و رفتار خاک به عنوان ماده‌ای که در کارهای ساختمانی مهندسی به کار برده می‌شود بستگی به این خصوصیات دارد. برخی از خصوصیات خاک که از نظر معیارهای مهندسی حائز اهمیت است عبارتند از اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات، شکل ذرات، وزن مخصوص و یکنواختی، خصوصیات که از نظر ما مهم است در زیر تشریح می‌شود.

اندازه ذرات

خاک از ذرات دانه‌ای شکل که اندازه آنها از توده‌های نسبتاً بزرگ صخره‌ای تا مواد میکروسکوپی یا رس متغیر است تشکیل گردیده است. در سیستم طبقه‌بندی واحد، اندازه قلوه‌سنگهای درشت را می‌توان معادل یک لیمو، تخم مرغ یا گردو دانست در صورتی که سنگ ریزه‌های ریز اندازه‌ای معادل نخود خواهند داشت. اندازه ذرات شن بین اندازه بلورهای نمک داخل نمکدان یا شکر، تا اندازه پودر قند متغیر است. ذراتی که بتوانند از الک شماره ۲۰۰ عبور نمایند ذرات ریز نامیده می‌شود. ذرات ریز به دو گروه سیلت و رس تقسیم می‌شود. فرایند فیزیکی مجزا ساختن خاک به گروه‌های مختلف اندازه ذرات را تجزیه مکانیکی گویند. ابتدا خاک از داخل یک سری غربال عبور داده می‌شود تا ذرات بزرگتر از سیلت

جدا شوند. تجزیه غربالی عبارت است از جدا کردن خاک به اجزاء تشکیل دهنده آن بوسیله عبور خاک خشک و نرم از داخل غربالهایی که به ترتیب اندازه سوراخ های آن کوچکتر می شود. بعبارت دیگر چشمه های غربال به ترتیب کوچک می شود. روش تجزیه غربالی را می توان در مورد خاکهایی که فاقد مواد ریز هستند بطور مستقیم به کار برد. ولی اگر خاک حاوی ذرات ریز باشد این مواد، ذرات درشت تر خاک را بهم متصل می کنند که لازم است قبل از تجزیه آنها را خرد نمود. عملاً "کوچکترین حد اندازه" غربال شماره ۲۰۰ است که سوراخهایی باندازه حدود $0/074$ میلی متر داشته و در هر اینچ مربع حاوی ۴۰۰۰۰ عدد سوراخ است.



شکل ۴-۲: وسایلی که در روش هیدرومتری تعیین اندازه ذرات خاک به کار برده می شود. (a) استوانه مدرج، (b) هیدرومتر، (c) به هم زن.

غالباً "تعیین توزیع اندازه ذرات کوچکتر از $0/075$ میلی متر نیز مورد توجه می باشد. این عمل را می توان بوسیله روشی بنام تجزیه مکانیکی آبی (Wet mechanical analysis) که بر اصول رسوب گذاری (Sedimentation) بنیان شده است انجام داد. در این روش از این قانون استفاده شده است که سرعت حرکت یک ذره در داخل مایع بستگی به قطر آن دارد. دو روش معمول در این مورد عبارتند از روش پیپت (Pipette) و روش هیدرومتر (hydrometer) که بوسیله بویوکوس (Bouyoucos) در سال ۱۹۲۷ و کازاگرانندی (Casagrande) در سال ۱۹۳۴ معرفی گردیدند. نتایج تجزیه مکانیکی را می توان به طرق

گوناگون ارائه نمود . مهندسين نتايج را بصورت منحنی توزیع اندازه ذرات ارائه می نمایند . معمولی ترین روش ارائه گرافیکی نتايج حاصله از تجزیه مکانیکی در شکل ۳-۴ نشان داده شده است . در یک دستگاه مختصات نیمه لگاریتمی ، روی محور افقی قطر ذرات یا اندازه غربال بصورت لگاریتمی و در محور عمودی درصد وزنی موادی که از اندازه معین یک سوراخ عبور کرده یا کوچکتر از اندازه مشخص یک سوراخ است بصورت خطی ترسیم می شود . سپس نقاط به همدیگر متصل می گردد تا یک منحنی صاف به نام منحنی توزیع اندازه ذرات به دست آید . درصد ذراتی که اندازه آنها کوچکتر از 0.075 میلی متر است بوسیله روش مکانیکی آبی تعیین می شود .

این روش ارائه نتايج دوزیت عمده دارد . اولاً " به آسانی می توان توزیع اندازه ذرات را مشاهده کرد . ثانياً " به این وسیله می توان درصد ذراتی را که در تجزیه مکانیکی به حساب نیامده اند محاسبه کرد .

دانه بندی (Gradation)

توزیع اندازه ذرات خاک را دانه بندی آن نامند . در منحنی توزیع اندازه ذرات ، اندازه ای که مربوط به ۱۰ درصد مواد می باشد به نام اندازه موثر هیزن (Hazen's - effective size) نامیده شده و به علامت D_{10} مشخص می گردد . اندازه موثر ماسه و ریگ را می توان با قابلیت نفوذ آنها مرتبط ساخت و بدین جهت از نظر مهندسی ره کشی حائز اهمیت است .

ضریب یکنواختی (Uniformity Coefficient) عبارت است از نسبت بین قطر ذراتی که در منحنی نمایانگر ۶۰ درصد مواد تشکیل دهنده خاک است به D_{10} . ضریب دانه بندی به صورت ذیل توصیف می شود :

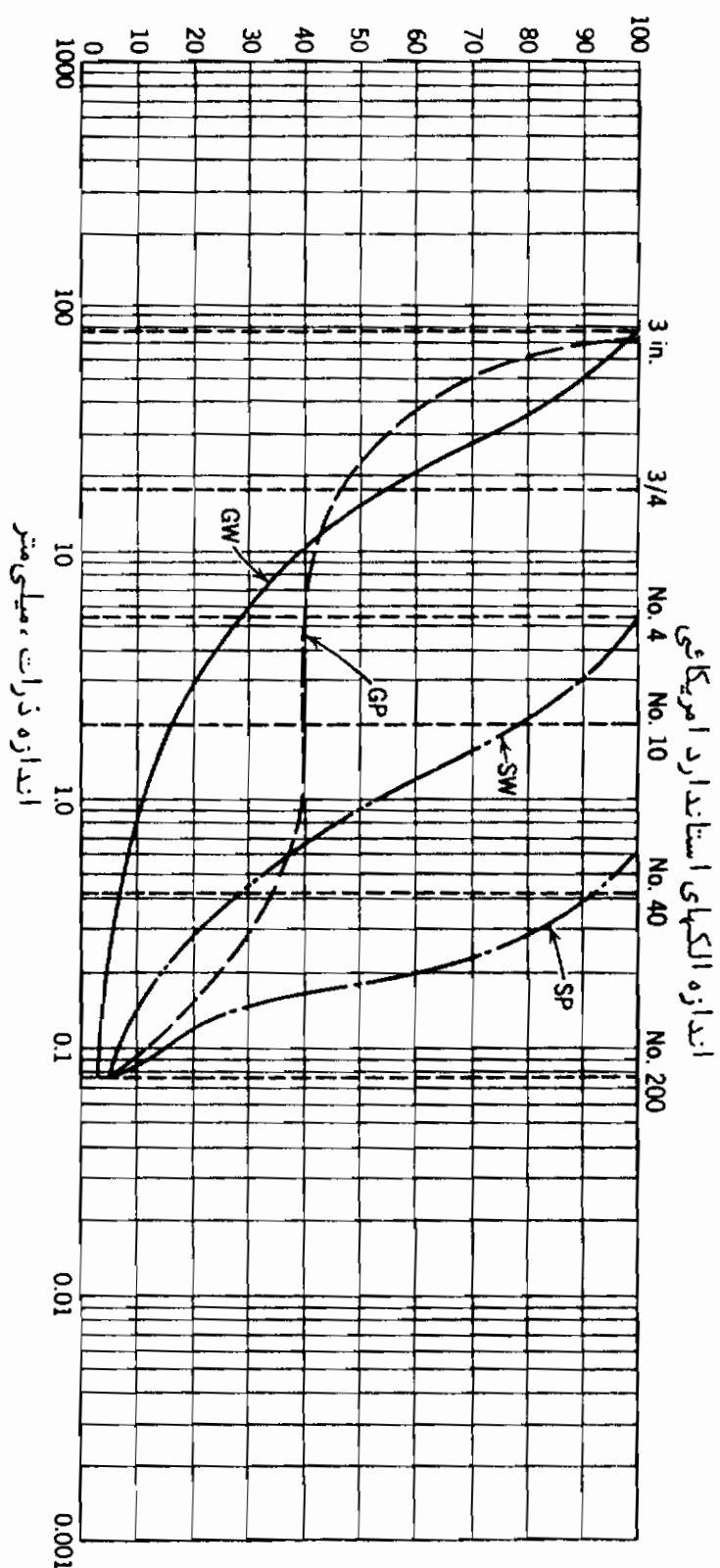
$$C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

خاکهایی بخوبی دانه بندی شده اند که در آنها اندازه ها بخوبی بین ذرات بزرگ و کوچک توزیع شده باشد و در هیچ یک از اندازه ها کمبودی وجود نداشته باشد .

روش طبقه بندی پدولوژیستها (خاک شناسها)

پروفیل (نیم رخ) خاک : پروفیل خاک مقطع عمودی توده خاک است . خاک شناسان ، خاک

درصدوزنی ریزتراز . . .



شکل ۳-۴: نمونه منحنی توزیع اندازه ذرات درخاکی که پخوری دانمندی شد باشد (W) و خاکی کد انمندی آن خوب نیست (P)

را براساس توده‌هایی که بطور طبیعی تشکیل شده است طبقه‌بندی می‌کنند. این طبقه‌بندی بوسیله مطالعه دقیق پروفیل خاک انجام می‌شود. عواملی که برتشکیل خاک موثرند عبارت است از آب و هوا، پستی و بلندی، موجودات زنده، سنگ مادر و زمان. این عوامل معمولاً "بر لایه ۱ تا ۲ متری توده خاک موثرند."

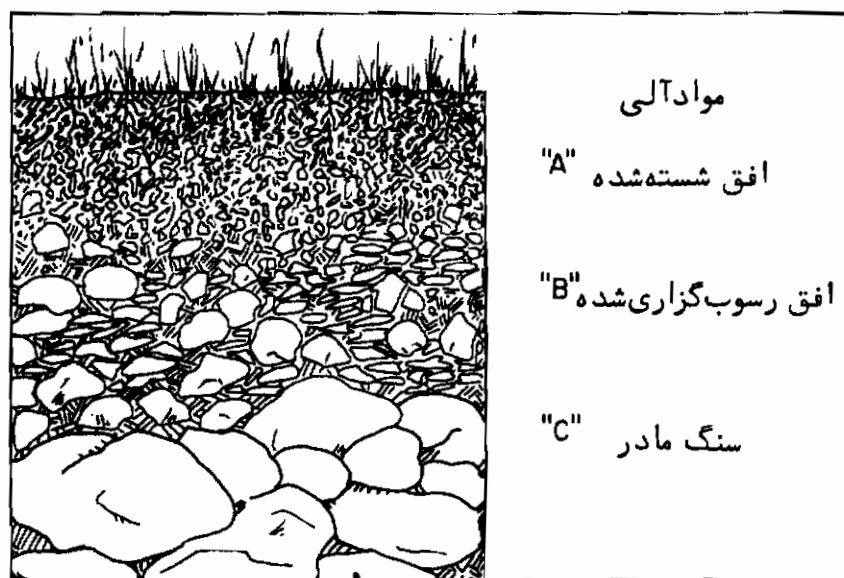
جدول ۴-۱ طبقه‌بندی خاک به‌روش گروه مهندسین ارتش آمریکا

صافی یا غربال	اندازه سوراخ به میلی‌متر
۲ اینچ	۵۰/۸
$\frac{1}{4}$ اینچ	۳۸/۱
۱ اینچ	۲۵/۴
$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹/۱
$\frac{1}{4}$ اینچ	۶/۳۵
شماره ۴	۴/۷۵
شماره ۱۰	۲/۰۱
شماره ۴۰	۰/۴۲
شماره ۶۰	۰/۲۵
شماره ۱۰۰	۰/۱۴۹
شماره ۲۰۰	۰/۰۷۴
قلوه سنگ	بزرگتر از ۳ اینچ
شن درشت	$\frac{3}{4}$ تا ۳ اینچ
شن نرم	۴ مش تا $\frac{3}{4}$ اینچ
ماسه درشت	۱۰ مش تا ۴ مش
ماسه متوسط	۴۰ مش تا ۱۰ مش
ماسه نرم	۲۰۰ مش تا ۴۰ مش
سیلت و رس از غربال ۲۰۰ مش عبور می‌کنند.	

با وجودیکه معمولاً "از نظر طراحی فقط لایه‌های سطحی حائز اهمیت می‌باشند ولی باید عمق خاک را نیز در نظر بگیریم. لذا، نقشه‌های خاک که توسط خاکشناسان تهیه می‌گردد می‌تواند از این جهت مفید باشد."

بر طبق نظر خاکشناسان، پروفیل خاک از دو افق تشکیل یافته است یکی افق شسته شدن یا انتقال مواد (eluviation) و دیگری افق رسوب گذاری مواد (illuviation). موادی از افق بالایی بصورت محلول به اعماق پایین تر انتقال می یابند. خاکشناسان افق انتقال مواد را افق A نام گذاری کرده اند. افق رسوب گذاری منطقه ای است که رسها و مواد شیمیایی در آن رسوب و تجمع پیدا می کند. خاکشناسان این منطقه را افق B می نامند. برخی اوقات به این افق خاک زیرین نیز گفته می شود.

در زیر افقهای A و B، سنگ مادر یا مواد خامی که تخریب نشده و خاک از آنها تشکیل یافته است قرار گرفته اند. اگر مواد مادری سنگ باشد به خاک وازه های پس مانده (residual Soil) یا خاک اولیه (Primary Soil) اطلاق می شود اگر این مواد بوسیله باد یا آب از محل دیگری انتقال یافته باشند به آن خاک جابجایی (Transported Soil) یا خاک ثانوی (Secondary Soil) گفته می شود.



شکل ۴-۵: خاکی که در محل تشکیل شده است (خاک پس مانده)

"سن" خاک معیار اندازه گیری تکامل آن است. هرچه تجمع رس یا مواد شیمیایی جامد در افق B بیشتر باشد آن خاک مسن تر خواهد بود. در عمل تجمع این مواد علاوه بر زمان به عوامل دیگری نیز بستگی دارد. مقدار بارندگی و عوامل اقلیمی دیگر، پستی و بلندی زمین و خصوصیات زهکشهای سطحی، و تاثیر گیاهان و میکروبهای خاک نیز همگی در تکامل آن نقش مهمی دارند.

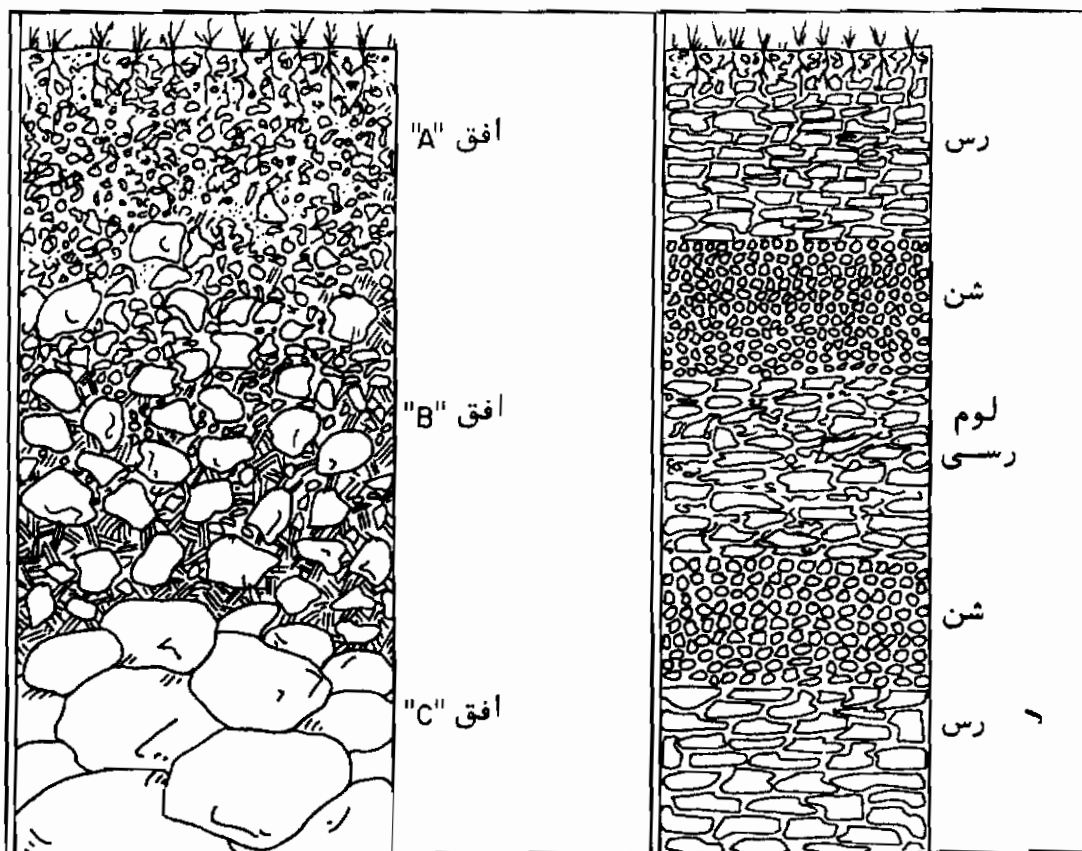
در نواحی خشک، بسیاری از خاکها جوان می باشند. از این جهت آثار چینه بندی یا مطابق بودن

حائز اهمیت است. یک خاک مطبق ممکن است دارای لایه‌های رسی زیرین باشد که هیچ‌گونه ارتباطی با سن خاک ندارند. مطابق بودن خاک را می‌توان از تغییر ناگهانی یک لایه دیگر مشخص ساخت. در یک خاک تکامل یافته تغییرات A به B تدریجی است.

بافت خاک

جزء جامد خاک را می‌توان به ذرات اصلی تشکیل دهنده آن اصلی بوسیله مواد شیمیایی معدنی و ترکیبات آلی به یکدیگر پیوند شده‌اند این پیوندها از بین بروند.

نسبت بین مقدار شن، سیلت و رس نمایانگر بافت خاک است. بافت خاک را می‌توان بوسیله گرفتن لای انگشتان و مالش دادن آن احساس نمود. با توجه به این که در بعضی مناطق می‌توان بافت خاک و نفوذپذیری آن را به یکدیگر مرتبط کرد، از این جهت بافت خاک در طرح سیستمهای زه‌کشی نقش مهمی را ایفا می‌نماید.



خاک طبیعی

خاک مطبق

شکل ۴-۶: خاکی که بطور طبیعی تشکیل شده و خاکی که مطابق با لایه‌ای است

سری خاک

خاکهایی که خصوصیات مشترک دارند در گروههایی به نام سری خاک تقسیم بندی می شود برای هر یک از سریهای خاک اسمی را انتخاب می کنند و معمولاً "این نام"، اسم محل جغرافیائی و یا مکانی که خاک مربوط به آن است انتخاب می شود.

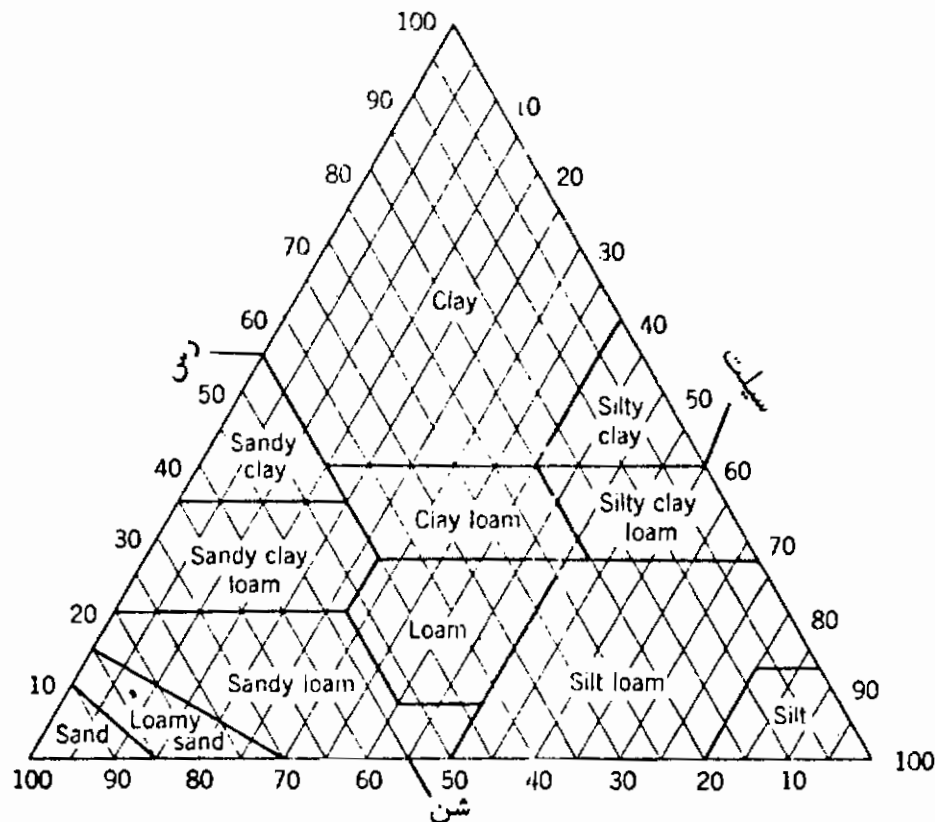
تیپ خاک

طبقه بندی خاک بر مبنای بافت را تیپ خاک گویند. برای مشخص کردن کامل خاک باید هم سری و هم تیپ آن را معین نمود. مثلاً "یک خاک لوم رسی یولو (Yolo clay loam) خاکی است که بافت آن لوم رسی بوده و متعلق به سریهای یولو است. حدود اندازه هایی که توسط انجمن بین المللی خاک شناسان پیشنهاد شده است به شرح ذیل است.

ذرات	حدود قطر به میلی متر
شن درشت	۰/۲۰ - ۲/۰۰
شن نرم	۰/۰۲ - ۰/۲۰
سیلت	۰/۰۰۲ - ۰/۰۲
رس	کمتر از ۰/۰۰۲

وزارت کشاورزی امریکا طبقه بندی ذیل را پیشنهاد کرده است.

ذرات	حدود قطر به میلی متر
۱ - شن خیلی درشت	۱/۰ - ۲/۰
۲ - شن درشت	۰/۵ - ۱/۰
۳ - شن متوسط	۰/۲۵ - ۰/۵۰
۴ - شن نرم	۰/۱۰ - ۰/۲۵
۵ - شن خیلی نرم	۰/۰۵ - ۰/۱
۶ - سیلت	۰/۰۰۲ - ۰/۰۵
۷ - رس	کمتر از ۰/۰۰۲



شکل ۴-۷: مثلث بافت خاک که خاک‌شناسان برای تعیین تیپ خاک از آن استفاده می‌کنند.

مسائل

(با توجه به جدول ذیل)

- ۱ - چه درصد وزنی به عنوان شن نرم می‌باشد؟
 - ۲ - چه درصد وزنی محتوی موادی ریزتر از شن است؟
 - ۳ - چه درصد وزنی را به عنوان قلوه سنگ در نظر می‌گیرید؟
 - ۴ - منحنی توزیع اندازه ذرات را رسم نمایید.
- وزن نمونه اصلی ۳۸۴ گرم
وزن قبل از شستشو ۳۶۸ گرم
کسر وزن در اثر شستشو ۱۶ گرم

الک	اندازه سوراخ به میلی متر	وزنی که در الک باقی می ماند ، گرم	وزنی که از الک عبور می کند درصد	گرم
۲ اینچ	۵۰/۸	۰	۱۰۰	۳۸۴
$\frac{1}{4}$ اینچ	۳۸/۱	۱۱	۹۷/۱	۳۷۳
۱ اینچ	۲۵/۴	۶۵	۸۰/۲	۳۰۸
$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹/۱	۸۵	۶۵/۱	۲۵۰
$\frac{1}{4}$ اینچ	۶/۳۵			
شماره ۴	۴/۷۵	۶۳	۴۸/۷	۱۸۷
شماره ۱۰	۲/۰۰	۵	۴۷/۴	۱۸۲
شماره ۴۰	۰/۴۲	۱۸	۴۲/۷	۱۶۴
شماره ۶۰	۰/۲۵			
شماره ۱۰۰	۰/۱۴۹	۵۸	۲۷/۶	۱۰۶
شماره ۲۰۰	۰/۰۷۴	۸۹-۳=۸۶	۵/۲	۲۰

اشتباه = ۳ گرم = ۰/۸ درصد

۵ - ضریب یکنواختی چیست ؟

۶ - ضریب دانه بندی چیست ؟

۷ - تجزیه یک خاک نشان می دهد که محتوی ۵۰ درصد سیلت ۴۵ درصد رس و ۵ درصد شن است . بافت آن را مشخص نمایید (با مراجعه به شکل ۴-۶) .

۸ - تجزیه خاکی نشان می دهد که محتوی ۶۰ درصد شن ، ۳۰ درصد سیلت و ۱۰ درصد رس است ، بافت آن را مشخص نمایید .

۹ - ۲۰۰ سانتی متر مکعب از خاکی ۳۵۰ گرم وزن دارد ، اگر درصد وزنی رطوبت آن ۲۵ درصد باشد ،

الف - وزن مخصوص ظاهری آن را حساب کنید .

ب - تخلخل آن را محاسبه کنید .

ج - نسبت پوکی را به دست آورید .

مآخذ

- Baver, L. D. 1956. *Soil Physics*, Third Edition. John Wiley and Sons, New York.
- Bouyoucos, G. J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Sci.*, 23:343-353.
- Casagrande, A. 1934. *Die Araometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Boden und anderen Materialien*. Julius Springer, Berlin.
- Day, Paul R. 1950. Physical basis of particle size analysis by the hydrometer method. *Soil. Sci.*, 70:363-374.
- Day, Paul R. 1953. Experimental confirmation of hydrometer theory. *Soil Sci.*, 74:181-186.
- Hough, B. K. 1957. *Basic Soils Engineering*. Ronald Press, New York.
- Grim, R. E. 1953. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- U.S. Bureau of Reclamation. 1960. *Design of Small Dams*.

فصل پنجم

شدت و ماهیت مسایل زه‌کشی زیرزمینی

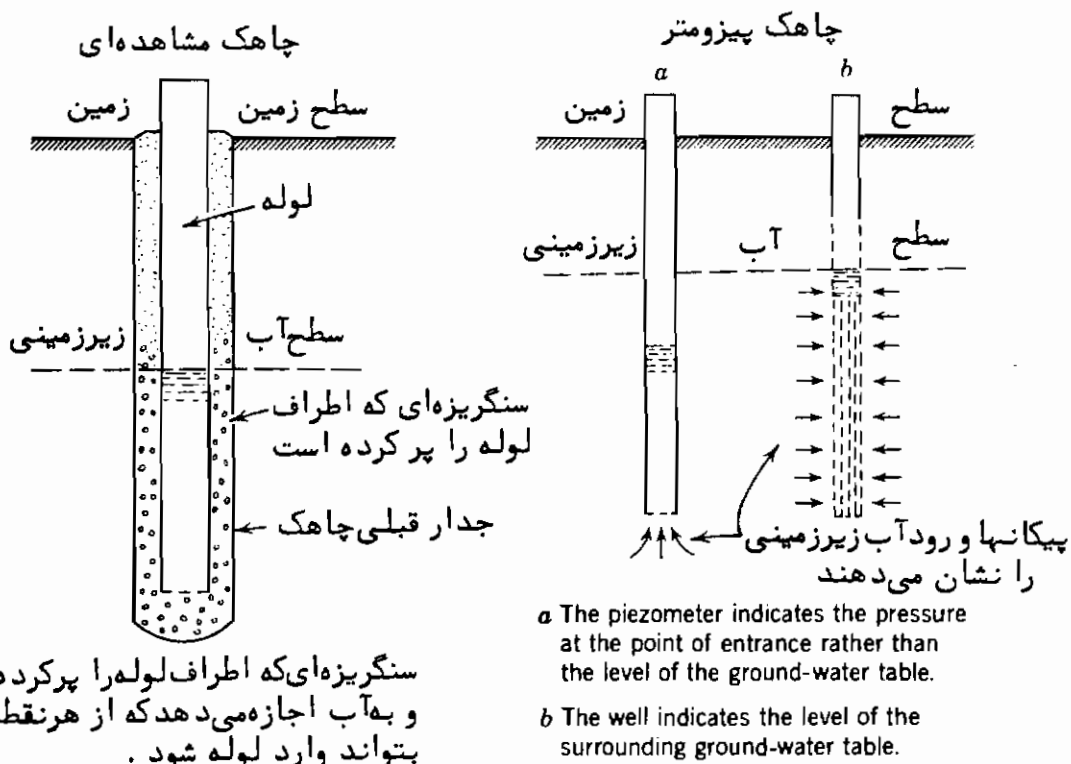
اولین قدم در حل مساله زه‌کشی، کسب اطلاعات در مورد سطح آب زیرزمینی، خاک، پستی و بلندی و دیگر عواملی است که در طرح یک سیستم خوب موثرند. در این فصل برخی از عوامل مهمی که در طرح سیستمهای زه‌کشی دخالت دارند مورد بحث قرار می‌گیرد.

سطح ایستابی

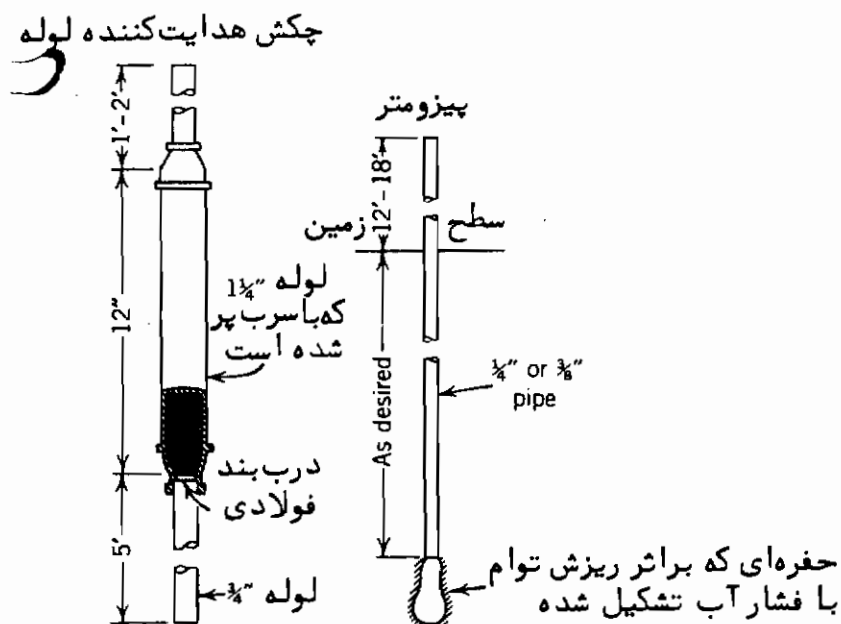
سطح ایستابی بالاترین حد سطح آب در خاکهای زهدار است. این سطح را می‌توان از طریق حفر یک گودال در خاک و مشاهده ارتفاعی که آب در آن می‌ایستد تعیین کرد. در مزرعه معمولاً ارتفاع سطح سفره آب بوسیله چاهکهای مشاهده‌ای اندازه‌گیری می‌گردد. این چاهکها گودالهای روبازی هستند که نسبتاً با گراول پر شده و لوله مشبکی در آن جای‌گذاری شده است. اطراف لوله نیز بوسیله گراول پر شده است تا آب بتواند با سانی وارد و یا از آن خارج گردد. بوسیله چاههای مشاهده‌ای به دقت می‌توان ارتفاع سطح آب را اندازه‌گیری کرد به شرط آنکه هیچ‌گونه فشار عمودی از طریق جریان آب از سفره‌های محصور که در اعماق پائین‌تر واقع است وارد نیاید.

در هنگام حفر چاهکها در خاکهای مطابق مشاهده می‌شود که لایه متراکم و رسی بالایی خشک است و با برخورد مته به لایه نفوذپذیرتر خاک شنی آب به شدت وارد گودال شده و چنین به نظر می‌رسد که به یک لایه آرتزین برخورد شده است. ولی فرض بودن لایه آرتزین معمولاً اشتباه است و سرعت زیاد حرکت آب به داخل گودال ناشی از این است که نفوذپذیری خاک شنی بمراتب بیشتر از نفوذپذیری لایه رسی بالایی است. خاکهای رسی ممکن

است اشباع باشد، هرچند ظاهراً "غیراشباع به نظر برسد".



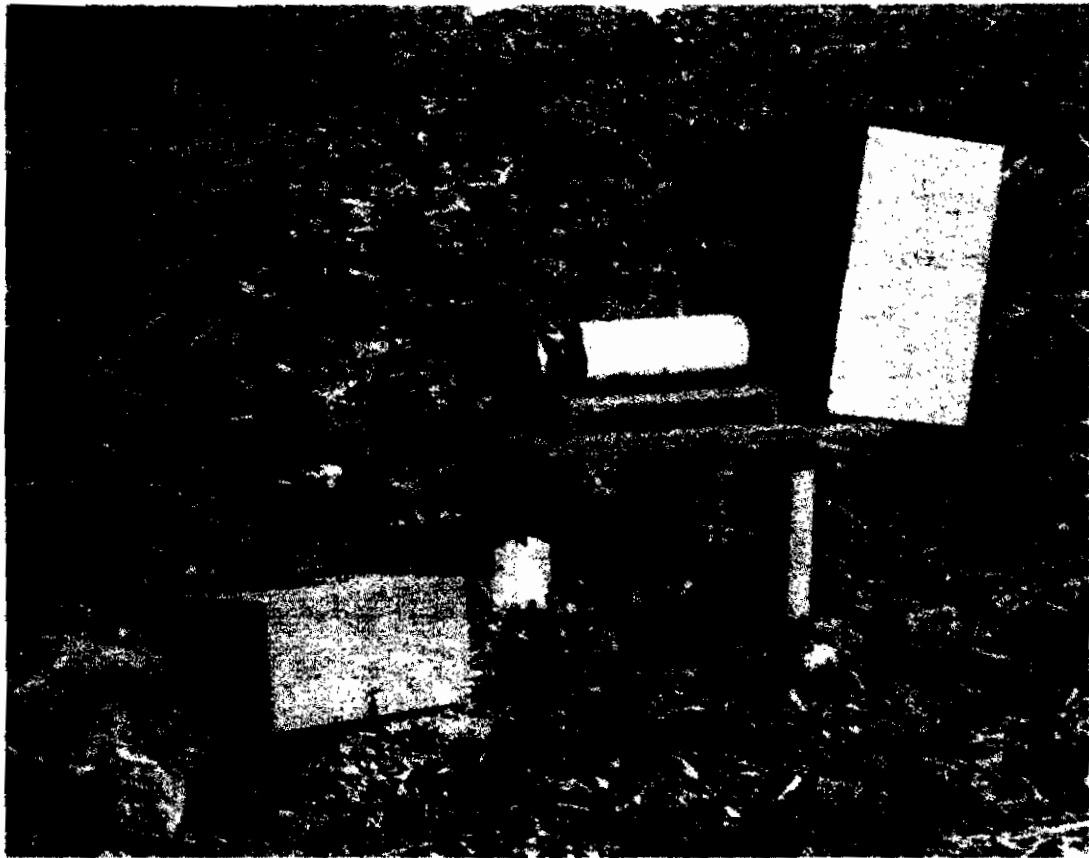
سنگریزه‌ای که اطراف لوله را پر کرده و به آب اجازه می‌دهد که از هر نقطه بتواند وارد لوله شود.



تشریح پیزومتر و چکش هدایت کننده لوله

شکل ۵-۱: جزئیات چاههای پیزومتری و مشاهدات

ساده‌ترین شکل یک چاهک مشاهده‌ای سوراخی است که بوسیله متد نمونه‌برداری به‌منظور اندازه‌گیری‌های معمولی حفری گردد. بهترین اندازه‌گیری زمانی است که دستگاه ثباتی روی چاه مشاهده‌ای نصب و نوسانات سطح آب بطور پیوسته ثبت گردد. با تفسیر دقیق نوسانات سطح سفره آب می‌توان بدون نیاز به اندازه‌گیری بیشتر، منبع آب زهکشی را مشخص ساخت.



شکل ۵-۲: دستگاه ثباتی که برای اندازه‌گیری نوسانات سطح آب در مزرعه نصب شده است.

در مطالعه مسائل زهکشی موضعی، لازم است کلیه آمار مربوط به سطح آب زیرزمینی جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی را می‌توان به طرق گوناگون ترسیم کرد. خطوط تراز واقعی سطح آب را می‌توان بر روی نقشه‌های تراز رسم نمود. یک روش مفید دیگر برای نمایش سطح آب زیرزمینی، ترسیم عمق سطح آب نسبت به سطح زمین است. سپس نقاطی که عمق یکسان دارند بیکدیگر متصل شده تا نقشه‌هایی مشابه نقشه‌های توپوگرافی بدست آید. این نقشه‌ها به روشنی مناطقی را که سطح آب در آنها بالا بوده و مسائل حاد زهکشی دارند مشخص می‌سازد. همچنین ترسیم اطلاعات سطح آب بر روی نقشه می‌تواند اطلاعاتی در مورد منبع آب زهکشی نیز بدست دهد. مثلاً "آیا آب در نتیجه

نفوذ از رودخانه است یا آبیاری زیاد و یا نفوذ از اراضی بالادست .

شرایط آرتزینی

آب آرتزینی به آبی اطلاق می شود که در داخل سفره بصورت تحت فشار وجود داشته باشد . اگر چنانچه لوله ای وارد این گونه سفره ها به شود آب در آن بالا آمده و در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین می ایستد . زهکشی آب آرتزین مشکل است زیرا در این مناطق باید زهکشها بسیار نزدیک یکدیگر نصب شوند . از این جهت لازم است قبل از اجرای طرح زهکشی موضوع وجود حالت آرتزین مورد بررسی قرار گیرد . فشار آرتزین را می توان از طریق بررسی چاههای موجود ، حفر چاه و یا هر طریق دیگری که در محل وجود دارد تعیین نمود . اگر امکان وجود فشار آرتزین برود و هیچ گونه اطلاعاتی در این زمینه وجود نداشته باشد باید یک سری پیزومتر (Piezometer) در زمین نصب کرد . پیزومتر لوله ای است که دو دهانه آن باز بوده و یک طرف آن در داخل خاک قرار می گیرد . هدف از کار گذاشتن این لوله اندازه گیری فشار آب خاک در نقطه انتهای لوله است . فشار آب بوسیله اندازه گیری ارتفاع آب در داخل لوله تعیین می گردد . بار فشار عبارت است از فاصله بین انتهای لوله و سطح آب در داخل لوله . پیزومترها بطور سری کار گذاشته می شود یعنی چندین پیزومتر پهلوی یکدیگر که هر کدام در عمق معینی می باشد قرار می گیرد . هدف از کار گذاشتن پیزومتر اندازه گیری گرادیان عمودی فشار آب در خاک و مشاهده این است که آیا فشار آرتزین وجود دارد یا خیر . فشار آرتزین هنگامی است که سطح آب در پیزومترهای عمیق تر بالاتر از پیزومترهای کم عمق بایستد . برای پیزومتر می توان از لوله های باریک که قطر شان بین ۱ تا ۱/۵ سانتی متر است استفاده کرد . با استفاده از وسایل مناسب می توان پیزومترها را در هر عمقی حتی متجاوز از صد متر زیر سطح خاک جای گذاری کرد . برای این منظور غالباً از جت هایی که با فشاری معادل ۳۰۰ تا ۴۰۰ پوند بر اینچ مربع و حجم آبی معادل ۱۰ تا ۲۰ گالن در دقیقه کار می کنند ، استفاده می شود . اگر چنانچه لایه گراولی در مسیر قرار گرفته و لازم است که پیزومتر از آن بگذرد ، در این صورت برای آب بندی لایه گراولی و جلوگیری از تلفات ناشی از تراوش آب می توان از گل حفاری یا رس بنتونیت استفاده کرد .

اطلاعات مربوط به خاک

در هر طرح زهکشی ، کسب اطلاعات جامع در مورد خاکی که قرار است زهکشی شود یکی

از ضروریات اساسی است. در هنگام طراحی سیستم برای یک مزرعه، طرح دهنده می‌تواند اطلاعات مورد نیاز را از طریق حفرچند پروفیل به دست آورد. از طرف دیگر، چنین اطلاعاتی را می‌توان در هنگام حفر چاههای آزمایشی یا جای دادن پیزومترها نیز به دست آورد. در پروژه‌های بزرگ لازم است که تمام منطقه بطور کامل از نظر خاک مورد شناسائی قرار گیرد. در مطالعات مقدماتی، احتمالاً داشتن یک نقشه ۱:۵۰۰۰۰ کافی خواهد بود ولی برای طراحی ممکن است وجود نقشه‌های ۱:۵۰۰۰ الزامی باشد و وجود عکسهای هوایی برای مطالعات خاکشناسی بسیار مفید است.

در مطالعات خاکشناسی پروفیلها به عمق یک تا دو متر حفر می‌شود. این عمق در مناطق مرطوب کافی است ولی برای طراحی سیستم زهکشی در اراضی تحت آبیاری باید پروفیلها تا عمق زیادتری مورد بررسی قرار گیرد. در این صورت عمق پروفیل بستگی به وضع منطقه داشته و ممکن است تا ۳۰ متر نیز برسد. روی نقشه‌های خاکشناسی باید اطلاعات زیر مشخص گردد:

بافت خاک که بوسیله خاکشناسی در مزرعه تعیین می‌گردد

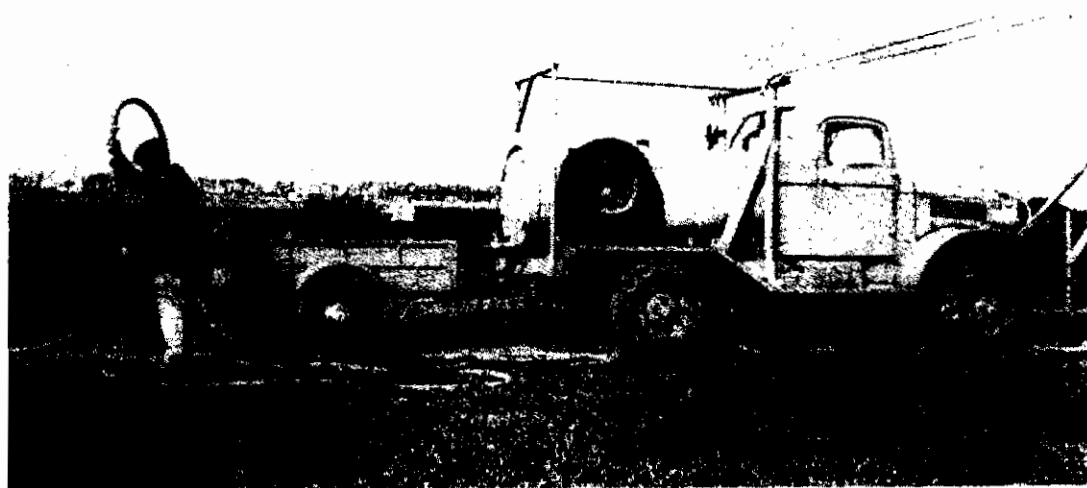
باید مشاهدات صحرائی در آزمایشگاه نیز کنترل گردند زیرا غالباً در مناطقی که خاک محتوی نمک و یا مواد لاتریتی (laterite) آهن‌دار است در تعیین بافت خاک ممکن است اشتباهاتی صورت گیرد.

عمق لایه غیرقابل نفوذ

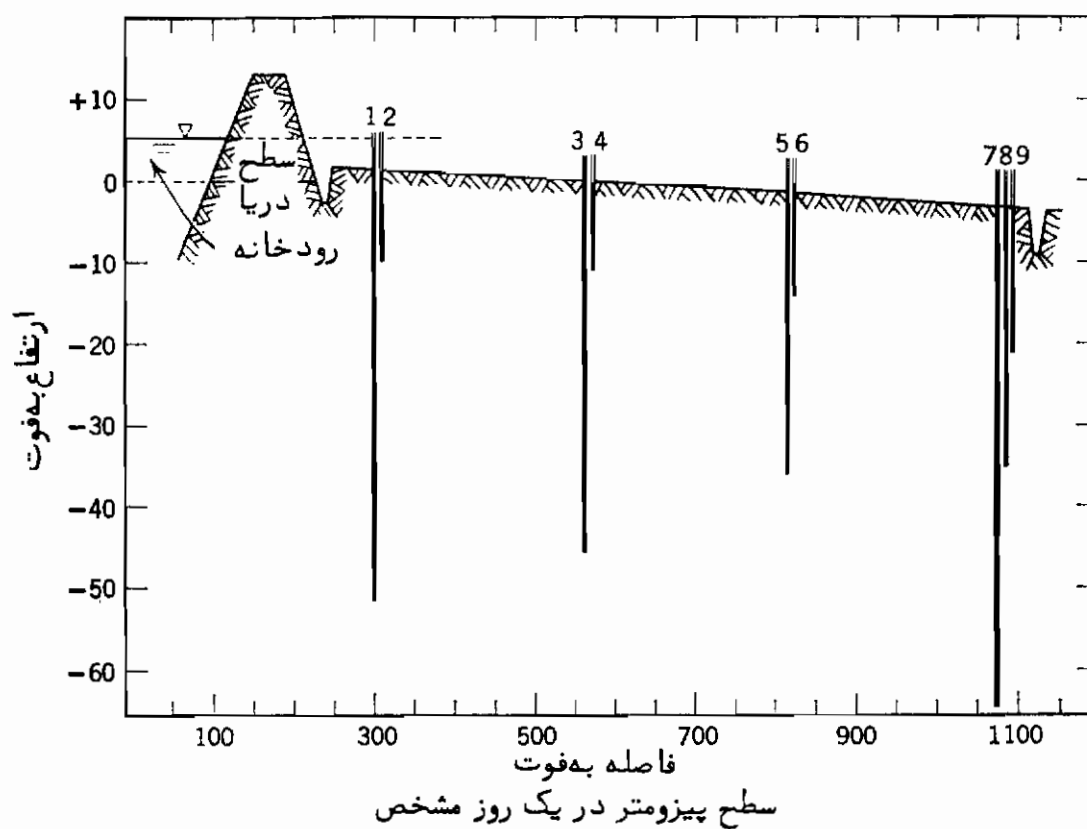
تعیین عمق لایه غیرقابل نفوذ از نظر مشخص نمودن محل زهکشها حائز اهمیت است. در بیشتر فرمولهای زهکشی که به منظور تعیین عمق و فواصل بین زهکشها به کار می‌رود داشتن اطلاعاتی در زمینه عمق لایه غیرقابل نفوذ الزامی است.

لایه غیرقابل نفوذ ممکن است از خاکهای فشرده شده‌ای تشکیل یافته باشد که در طی دوران یخبندان در اثر وزن یخچالها فشرده شده باشد. چنین خاکهایی در شمال ایالات مرکزی امریکا زیاد به چشم می‌خورد. در نواحی جنوبی امریکا خاک فشرده زیرین به علت بافت رسی آن است. این خاکها در گروه پلانوسولها (Planosols) طبقه‌بندی شده و سطح وسیعی از جنوب آسیا، شمال میسوری، بخشی از ایلینویز و اوهایو و دیگر ایالات (امریکا) را پوشانده است.

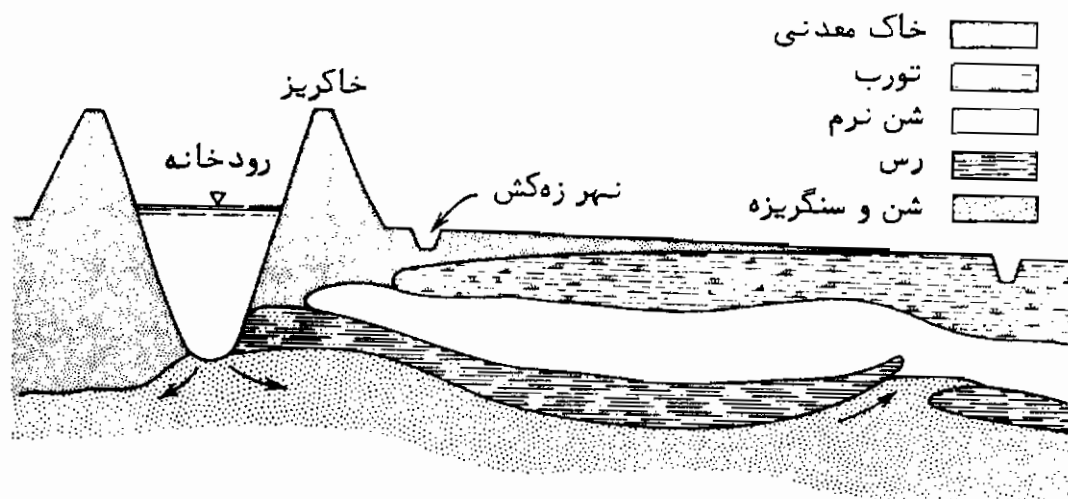
خاکهای رسوبی جدیدتر در اراضی فاریاب غرب ایالات متحده نیز دارای لایه‌های غیرقابل نفوذ می‌باشند که به دلیل رسوب‌گذاری رودخانه به وجود آمده است.



شکل ۵-۳: نصب پیزومتر با استفاده از جت فشاری آب



شکل ۵-۴: مثالی در مورد نحوه استفاده از پیزومتر جهت بررسی تراوش آب از یک رودخانه. آب از لایه آرتزین واقع در ۵۰ فوتی زیر سطح زمین به طرف بالا صعود می‌کند.



شکل ۵-۵: مقطع تیپ لایه‌های زیرزمینی



شکل ۵-۶: حفاری روتاری برای بررسی وضعیت خاک

واژه غیرقابل نفوذ یک واژه نسبی است. کلیه خاکها کم و بیش قابل نفوذ می‌باشند. حتی در خاکهای عمقی نیز که قابلیت نفوذ آنها خیلی کم است، مقداری نفوذ عمقی وجود دارد. ولی اگر چنانچه نفوذپذیری خاک عمقی حدوداً "یک دهم نفوذپذیری خاک سطحی باشد می‌توان آن را از نظر زهکشی نفوذناپذیر دانست و اگر شدت بارندگی یا میزان آبی که به خاک داده می‌شود بیش از نفوذپذیری این لایه باشد، آب در بالای آن جمع خواهد شد. روند حرکت آب به طرف زهکشها به شدت تحت تاثیر وجود این لایه قرار می‌گیرد. و اگر بخواهیم همان نتایج خاکهای نفوذپذیر عمیق را داشته باشیم لازم است که زهکشها نزدیک بهم قرار گیرند.

حالت‌های زه‌داربودن اراضی:

وجود یا عدم وجود سطح سفره آب زیرزمینی و عمق سطح آب در هنگام مطالعه باید مشخص گردند. گاهی اوقات رنگ خاک شاخص زه‌داربودن آن است. لکه‌های نارنجی یا سیاه به علت وجود یونهای آهن و منگنز بوده و نمایانگر شرایط متناوب اکسیداسیون و احیاء می‌باشد. عمق و محدوده این لکه‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرد زیرا ممکن است از نظر تعیین محل زهکشی مفید واقع گردند. وجود لکه‌ها در خاک ممکن است شاهد زه‌داربودن زمین در گذشته باشد.

پیدایش رس آبی رنگ یا خاک آبی رنگ دال بر شرایط احیائی محیط به دلیل غرقاب بودن مداوم آن است. در تحت چنین شرایطی آهن خاک بصورت یون فریک وارد محلول شده و تولید رنگ آبی می‌کند.

آب خروجی از سیستمهای زهکشی:

چنانچه امکان پذیر باشد باید آمار مربوط به آب خروجی از سیستمهای زهکشی موجود نیز تهیه شود. این آمار برای تعیین دبی واحد سطح (Unit-area discharge) در منطقه مورد نظر به کار برده می‌شود. همچنین لازم است مشاهده شود که آیا سیستم زهکشی موجود در محلی که آماربرداری شده است برای آن منطقه کافی هست یا خیر. اگر این زهکشها کافی نباشد، با حفر زهکشهای نزدیک به هم می‌توان دبی خروجی را افزایش داد در مناطقی که امکان پذیر باشد لازم است، آمار که از جریان خروجی سیستمهای زهکشی بدست آمده است، نه تنها با تیپ خاک، بلکه با دیگر خصوصیات آن از قبیل بافت و نفوذپذیری، ارتباط داده شوند. با جمع آوری اطلاعاتی از این قبیل می‌توان آمار بدست آمده از یک ناحیه را

برای ناحیه دیگر نیز مورد استفاده قرار داد. گردآوری این آمار باید بوسیله یک نفر مهندس و با کمک کارشناس خاک شناسی که با شرایط آن محل آشنا است انجام گیرد. آمار مربوط به افت سطح آب، ظرفیت و شعاع تاثیر چاههای آب اطراف نیز در صورت امکان باید جمع آوری گردد. مساله استفاده از چاهها را به منظور زهکشی نباید از نظر دور داشت.

توپوگرافی

برای مطالعه مسایل زهکشی، داشتن یک نقشه خوب توپوگرافی الزامی است. زیرا به وسیله آن می توان خصوصیات اساسی سیستم را از قبیل محل و نوع خروجی آب (ثقلی یا بوسیله پمپ)، شیب سطح زمین، و میزان نیاز به آماده سازی سطح زمین را مشخص کرد. دقت در فاصله بین خطوط تراز الزامی است. در مطالعات مقدماتی اگر فاصله بین خطوط تراز ۵/۵ تا ۱/۵ متر باشد کافی است ولی در مطالعات تفصیلی وجود نقشه های توپوگرافی با خطوط تراز ۳۰ سانتی متری و حتی در اراضی مسطح کمتر از آن نیز الزامی است. در نقشه برداری توپوگرافی باید محل، مسیر و شیب مسیلهای موجود، جویها، آبراهه ها و دیگر خصوصیات طبیعی و مصنوعی زمین که در سیستم زهکشی موثر خواهند بود مشخص گردد. همچنین محل های احتمالی خروجی آب و چنانچه ممکن باشد ظرفیت و ابعاد آبراهه های زهکش و انهار آبرسانی نیز تعیین شود. علاوه بر این، هرگونه آمار در مورد رواناب سطحی و اطلاعاتی در باره پایداری شیب جانبی آبراهه ها باید جمع آوری شود. محل چاههای بهره برداری از آب زیرزمینی، آبدهی، افت و شعاع تاثیر هریک نیز باید مشخص گردد. استفاده از عکسهای هوایی همراه با نقشه برداری زمینی از نظر مشخص کردن مناطق زهدار و تعیین وضعیت کشت و زرع مفید خواهد بود.

مآخذ

- Blaney, H. F. and C. A. Taylor. 1931. Soil sampling with a compressed air unit. *Soil Sci.*, 31(1).
- Donnan, W. W. and G. B. Bradshaw. 1952. Drainage investigation methods for irrigated areas in western United States. *U.S. Dept. Agr. Tech. Bul.* 1065.
- Donnan, W. W., G. B. Bradshaw, and H. F. Blaney. 1954. Drainage investigation in Imperial Valley, California, 1941-1951 (A Ten-Year Summary). SCS TP-120, p. 16.
- Donnan, W. W. and J. E. Christiansen. 1944. Piezometers for ground water investigation. *Western Construct. News*, 19:77-79.
- Christiansen, J. E. 1943. Ground water studies in relation to drainage. *Agr. Engr.*, 24:339-342.
- Israelsen, O. W. and W. W. MacLaughlin. 1935. Drainage of land overlying an artesian ground-water reservoir. *Utah Agr. Exp. Sta. Bull.* 242 (progress report) 1932 and *Bull.* 259 (final report) 1935.
- Meinzer, O. E. 1927. Method of exploring and repairing leaky artesian wells. *U.S. Geol. Serv. W.S.P.* 596-A.
- Pillsbury, A. F. and J. E. Christiansen, 1947. Installing ground water piezometers by jetting for drainage investigations in Coachella Valley, *Calif. Agr. Eng.*, 28:409-410.
- Reeve, R. C. and Max. C. Jensen. 1949. Piezometers for ground-water flow studies and measurement of subsoil permeability. *Agr. Eng.*, 30:435-438.
- Reger, J. S., A. F. Pillsbury, R. C. Reeve, and R. K. Peterson. 1950. Techniques for drainage investigations in Coachella Valley, *Calif. Agr. Eng.*, 31:559-564.
- Roe, H. B. and Q. C. Ayres. 1954. *Engineering for Agricultural Drainage*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Schlick, W. J. 1918. Spacing and depth of laterals in Iowa under drainage systems and rate of runoff from them. *Iowa Experiment Sta. Bull.* 52.
- Tolman, C. F. 1937. *Ground Water*, 1st edition. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Uhland, R. E. and A. M. O'Neal. 1951. Soil permeability determinations for use in soil and water conservation. U.S.D.A. SCS TP-101.

فصل ششم

ایستایی آب در خاک

ماهیت آب

خصوصیات الکتریکی .

آب از اتمهای اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است . طرز قرار گرفتن اتمها به نحوی است که توزیع بار الکتریکی در دوانتهای مولکول آب یکسان نمی باشد . به دلیل مجزا بودن بار مثبت از بار منفی این مولکول ها را دوقطبی (dipole) نامند . مولکولهای دوقطبی می تواند بوسیله نیروهای الکتریکی جذب شوند . از این خاصیت آب در الکترواسموز (Electro-osmosis) استفاده می شود .

چگالی

وضع بار الکتریکی در سطح مولکولهای آب موجب می شود که آب دارای ساختمان باز بوده ، و چگالی آن یک گرم در سانتی متر مکعب در ۴ درجه سانتی گراد باشد . در ۲۰ درجه حرارت سانتی گراد چگالی آب معادل ۰/۹۹۸۲۳ گرم در سانتی متر مکعب است . در عمل فرض می شود که چگالی آب همواره ثابت و معادل یک گرم در سانتی متر مکعب باشد .

نیروهایی که آب را در خاک نگه می دارند

نیروهای جاذبه

در قسمت قبل متذکر شدیم که مولکولهای آب دارای بار الکتریکی بوده و دو قطبی

می باشد . در نتیجه هر مولکول آب به مثابه یک جزء کوچک مغناطیسی عمل می کند . ذرات رس خاک نیز دارای بار الکتریکی بوده و مولکولهای آب را به خود جذب می کند . اثر نیروهای جاذبه با افزایش فاصله از سطح ذرات رس بشدت کاهش می یابد . به این معنی که لایه جذب شده مولکولهای آب ممکن است نسبتاً "نازک و ضخامت آن در حدود ۳ تا ۱۰ مولکول آب یا ۸ تا ۲۸ انگستروم باشد .

برخی از انواع رسها ، از قبیل رسهای مونت موریلونیتی ، می توانند مولکولهای آب را به داخل شبکه متبلور خود جذب کنند . به این آب ، آب داخل لایه ای (interplanar) گفته می شود و موجب تورم یا انقباض می گردد .

چون بار الکتریکی رسها منفی است ، کاتیونها را به سطوح خود جذب می نمایند . برخی از کاتیونها مثل سدیم بوسیله لایه ای از آب بنام آب هیدراسیون (Water of hydration) محصور شده اند .

در جدول زیر شعاع شبکه بلوری در انواع یونها و شعاع لایه آب هیدراسیون بر حسب انگستروم در مقایسه با یکدیگر نشان داده شده است .

نوع یون	Na	K	NH ₄	Rb	Cs
شعاع شبکه بلوری (آنگستروم)	۰/۹۸	۱/۳۳	۱/۴۳	۱/۴۹	۱/۶۵
شعاع لایه آب هیدراسیون (آنگستروم)	۷/۹	۵/۳	۵/۴	۵/۱	۵/۰

به تمام انواع آبهایی که در بالا ذکر شد بطور کلی آب جاذبه ای (imbibitional) گویند . نیروهای جاذبه ای که آب و ذرات جامد خاک را به یکدیگر می دهند بسیار قوی می باشند . آب جاذبه ای از نظر رشد گیاهان قابل استفاده نیست و در حرکت آب در داخل خاک نیز دخالت ندارد . در عملیات زهکشی ، آب جاذبه ای نسبتاً "بی اهمیت است .

نیروهای کاپیلاری (موئینه ای)

بالا رفتن آب در لوله هایی که ابعاد موئینه ای دارند به دلیل اختلاف نیروی جاذبه بین مولکولهای آب با آب و آب با جدار شیشه است (اگر لوله موئینه ای از شیشه درست شده باشد) . نیروی بین مولکولهای آب با آب را کوهزیو (Cohesive) و نیروهای بین آب و شیشه را آدهزیو (adhesive) گویند .

اگر نیروهای آدهزیو بزرگتر از نیروهای کوهزیو باشند مایع در سطح جامد بالا می رود تا جایی که سطح آب در محل تماس با جدار شیشه عمود بر منته دونیرو باشد . اگر نیروی آدهزیو به مراتب بزرگتر از نیروی کوهزیو باشد زاویه تماس برابر صفر خواهد بود .