بسمه تعالی

جزوه

مهندسی آب و فاضلاب

دانشگاه

تهران

استاد

دکتر نائینی

مهندسی آب و فاضلاب

• تعریف و هدف :

۱- آشنایی با طراحی شبکه های آبرسانی
۲- طراحی شبکه های فاضلاب
۳- آشنایی با اصول تصفیه (طراحی متداول تصفیه خانه)

• تقسیم مطالب :

فصل اول - کلیات - تاریخچه آبرسانی و مطالعه سیستم آبرسانی شهری

فصل دوم - تعیین مقدار مصرف آب (مصارف خانگی، صنعتی، تجاری، عوامل مؤثر در مصرف، نوسانات مصرف، تعیین ضرایب ماکزیمم و مینیمم)

فصل سوم - مبانی مربوط به طراحی اجزاء سیستم آبرسانی (منابع تأمین آب، خطوط انتقال، تصفیه آب، مخازن ذخیره آب)

فصل چهارم - هیدرولیک جریان در مجاری تحت فشار (خواص سیالات، طبقه بندی جریان، معادلات پیوستگی و مومنتم، افت فشار)

فصل پنجم - انواع شبکه های توزیع آب (رینگ، شاخه ای، ترکیبی)
ضوابط طراحی ← محدودیت های فشار، سرعت، فشار دینامیکی

فصل ششم - تحلیل هیدرولیکی شبکه های آبرسانی (تعاریف و پارامترها)
فرموله کردن شبکه های حلقوی، فرموله کردن شبکه های تک چشمه ای و چند چشمه ای

www.ttnar.ir

شبکه شهری ... شبکه های دارای پمپ ... شیرهای فشارشکن (شیرهای یک طرفه)

روش های تحلیل : ۱- لوله رافسون

۲- هرن ویلیامز

۳- تئوری حلقه

فصل هشتم - اجزای شبکه توزیع آب (لوله ها - اتصالات - شیرها -
محل لوله ها - نحوه گذاری لوله ها)

فصل هشتم - شبکه جمع آوری فاضلاب (لزوم شبکه - انواع شبکه - مصالح و
فرایای شبکه - کمبودیت ها - هیدرولیک شبکه)

- طراحی شبکه های جمع آوری آب های سطحی

- اصول و طراحی تصفیه خانه ها

www.tmar.ir

فصل اول - کلیات

تاریخچه آبرسانی:

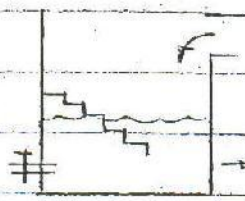
* بشر از ابتدای شکل گیری شهرها متوجه منابع آب بوده است. اولین طرح های تامین آب برای مصارف کشاورزی انجام می شده، شهر گسترش پیدا می کرده.

تا 50 سال پیش برای آبرسانی در شهرها از روش ثقلی استفاده می شده.

* روش توزیع { 1- روش ثقلی ← کانال ها، مسافت ها
2- روش فک معلق ← تونل های انتقال آب، آب لوله کشی

در روش ثقلی که در گذشته استفاده می شده، منبع آب را در بالاترین نقطه شهر قرار می دادند و آب به منازل هدایت می شده. این کار توسط نیروی ثقل صورت می گرفته.

آب برای انتقال به منازل در آب انبار ذخیره می کردند.

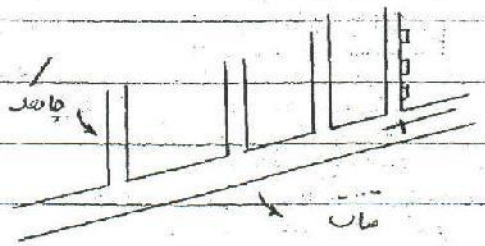


در روش فک معلق آب تحت فشار است.

فشار در داخل لوله ها جریان دارد.

* منابع تامین آب: رودخانه، دریاچه های آب شیرین، نیمه، چاه و آب زیرزمینی

* نکته: توصیه است در مواقع 50 متر چاهک هایی را در آن حفر می کردند.



منبع آب زیرزمینی : منبع خوب و سالمی است چون به طور طبیعی تصفیه می شود و دمای آن تقریباً ثابت است.

اشکال این آب ها این است که باعث شدن مواد معدنی در آب، آب های زیرزمینی، سختی زیادی دارند.

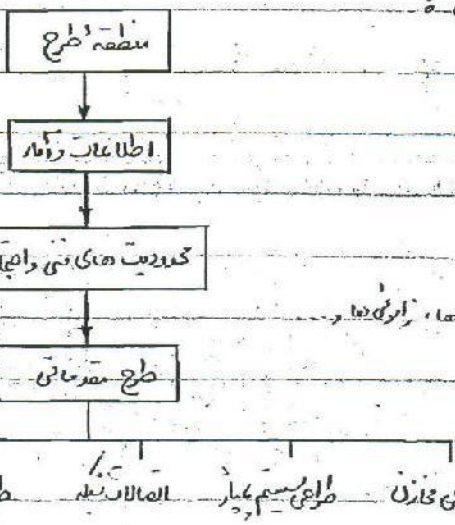
سیستم آبرسانی شهری :

- طراحی مبتنی بر مطالعه دقیق موارد ذیل است:

مسائل و امکانات هیدرولوژیکی محل (رودخانه، آب زیرزمینی، آب باران، دریاچه ها و منابع هیدرولوژیکی بر طراحی تأثیر می گذارد.)

- مقدار آب موجود
- افزایش جمعیت در آینده
- روند رشد جمعیت
- وضعیت پیشرفت صنایع (نوع صنعت و پساماندهی که آموزش می یابد)
- وضعیت اجتماعی و اقتصادی (از نظر اجتماعی چقدر به رفاه اجتماعی اهمیت داده می شود)
- آیا زلزله در آینده، واحد صنعتی ایجاد خواهد شد و آیا رشد جمعی وارد یا خیر؟
- محدودیت های فنی و مطالعه با استانداردها

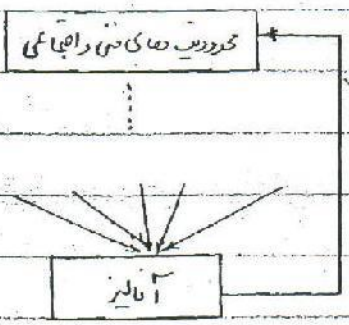
• روند طراحی :



انتقال آب شامل:

شیرها، لوله ها، زانویی ها و ...

www.tnar.ir



• وظایف یک سیستم آبرسانی شهری:

۱- تأمین آب آشامیدنی

۲- تأمین آب صنایع بهداشتی و حمام

۳- تأمین آب کارخانه‌ها و کارگاه‌ها

۴- تأمین آب آبیاری فضاهای سبز و عمومی

۵- تأمین آب آتش نشانی

* منظور از تأمین آب در اینجا رساندن آب به دست مصرف کننده است بنابراین شامل را هم شامل می‌شود.

منطقه طرح: مشخصات جغرافیایی ← محل قرارگیری منطقه

مشخصات توپوگرافی

مشخصات اقلیمی ← شرایط آب هوایی، میزان بارندگی و...

مشخصات فرهنگی و اجتماعی ← تعداد جمعیت و پیش‌بینی آن

مشخصات صنعتی

مشخصات توپوگرافی منطقه از لحاظ ناهمواری‌ها و ارتفاعات اهمیت دارند مثلاً رساندن آب ممکن است به علت ناهمواری‌ها باعث ایجاد فشار منفی شود.

اطلاعات و آمار:

اطلاعات و آمار می تواند شامل موارد زیر باشد:

۱- تعداد جمعیت موجود در منطقه

۲- تعداد و نوع واحدهای تجاری - صنعتی و خدماتی موجود در منطقه

۳- بافت منطقه از نظر اقتصادی - مسکونی و صنعتی

محدودیت های فنی و اجتماعی:

- محدودیت سرعت در لوله ها (باید حداقل یک بار در روز سرعت زیاد حاصل شود)
- محدودیت فشار در لوله ها (یک حداقل فشار باید در همه شبکه تأمین شود)
  - حداقل جهت تأمین فشار لازم
  - حداکثر جهت جلوگیری از شکست و خرابی
- محدودیت های طبیعی
- محدودیت نظر لوله ها
  - حداقل جهت آتش نشانی
  - حداکثر جهت موجود بودن در بازار و بررسی اقتصادی بودن

طرح تعدادی:

۱- طراحی مخزن

- نوع مخزن (زمینی یا هوایی)
- طرح سازه ای و هیدرولیکی

حجم مخزن و کره نصب آن ← ← بحرانی شدن مخزن

۲- طرح ایستگاه پمپاژ

- انتقال آب به مخزن یا نقاط خاص شبکه

۳- طرح شبکه

- تعیین نظر لوله ها - تعیین فشار در نقاط مختلف

www.tfnar.ir

۲- اتصالات شبکه ← تعیین محل شیرها و سایر اتصالات

باید شیرها را به گونه‌ای قرار داد تا با بستن ۲ تا ۳ شیر بتوان آب یک ناحیه را قطع کرد

نکته: در طراحی شیرهای فشار شکن است در محل هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که فشار خیلی زیاد باشد ولی حتی الامکان بهتر است از این شیرها استفاده نکرد چون زود خراب می‌شوند و نیاز به تعمیر دارند

۳- طراحی تصفیه خانه ← طراحی سازه‌ای و هیدرولیکی

۴- آنالیز سیستم: تحلیل شبکه موجود

اصلاح شدن کمبودیت ها

تصحیح فرضیات

آنالیز مجدد

* هرچه ارتفاع مخزن کم باشد، هزینه اجرای آن کمتر خواهد بود ولی در عوض برای تأمین فشار باید ارتفاع مخزن را زیاد کنیم

← اطلاعات لازم برای طراحی شبکه آبرسانی:

الف) مشخصات منطقه طرح

ب) دوره طرح ← طرح با چه زمانی باید خواهد بود

ج) جمعیت طرح ← با بیطرح برای جمعیت فعلی و آینده جواب دهد

د) هیدرولوژی منطقه طرح ← تأمین آب دفع آب باران

ه) زمین طرح

www.itnar.ir

الف) مشخصات منطقه طرح :

۱- مشخصات جغرافیایی ساحل :

- مطالعه در زمینه محدوده ای که طرح در آن واقع شده است .

- منابع آبی در دسترس ، کیفیت و مقدار آب زیرزمینی و میزان آبدهی

وضعیت رودخانه های اطراف .

(وضعیت سفره های آب زیرزمینی یا بهره برداری شده)

- تجهیزات لازم برای انتقال آب از منابع آبی (مخازن ، سد ، چاه ، رودخانه و ...)

- در وضعیت زمین و اطراف که مناسب ساخت سد باشد یا نباشد را با ذکر دلیل بیان کنید .

- فاصله منابع آبی از منطقه طرح

۲- مشخصات توپوگرافی منطقه

- وجود یا عدم وجود دره : الف) انتخاب محل مخزن

ب) حجم آوری و رفع مشکلات

★ در انتخاب محل مخزن باید توجه داشته باشیم که آب هدر است به صورت طبیعی تأمین شود نه توسط پمپاژ ، یعنی از مزیت طبیعی آب استفاده کنیم .

باید مخزن را در ارتفاع مناسب قرار دهیم تا فشار لازم را برای آبرسانی به منطقه تأمین کند .

ارتفاع مخزن مناسب باشد تا هزینه تعویض لوله ها و تجهیزات انتقال وجود نداشته باشد .

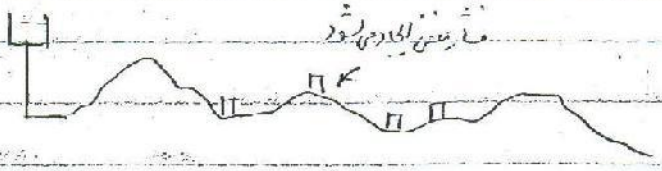
عمر متعارف آن 25 سال است . ولی ما از نظر اقتصادی باید پس از 25 سال آن را تعویض کنیم پس هزینه ها بالا می رود .

- مقاطع عرضی توپوگرافی منطقه :

- نمودار ارتفاع مناسب در منطقه ← می توان از مخزن جوابی استفاده کرد

- وجود ارتفاع نامناسب در منطقه (وجود ناهمواری ها)

★ وجود ناهمواری های زیاد در منطقه مانع است و باعث ایجاد تأسیسات فشار منفی در آبرسانی می شود .



۳- تعیین ارتفاع

← با شرایط آب و هوایی منطقه مربوط می‌شود.

مقدار روزهای گرم و میزان مصرف آبیاری سرما و گرما متفاوت است. با این باید ضرایب لازم برای میزان مصرف تعیین شود به طوری که فشار لازم تأمین شود.

۴- تعیین توجیهی و اجتماعی

← توجیه توجیهی و صرفه اقتصادی برای تعیین ضرایب ضروری است.

(هر مصرف آب اهمیت زیاد می‌شود یا نه)

۵- نوع جامعه

← مسکونی - تجاری - صنعتی - توریستی - هتل‌ها - اداری

با توجه به نوع جامعه مقدار مصرف‌های متفاوت تعیین می‌شود.

برای مناطق صنعتی و اداری و ... یک نوع کمیت وجود دارد. مثلاً اینکه مساحت

نافع مصرف واحد بود.

هر مناطق صنعتی یک نوع کمیت وجود دارد. میزان مصرف آب از لحاظ بهداشتی

بیشتر است. باید در نظر داشته باشیم. این کارخانجات به طور دائمی کار می‌کنند پس در

زمان‌های اضافی مصرف آب شدیداً بالا خواهد رفت.

۶- دوره طرح

← حداکثر زمانی که یک سیستم باید واحد برای آن مدت زمان بارگذاری می‌شود.

(منظور از بارگذاری، میزان مصرف و ارتفاع لازم برای تأمین فشار می‌باشد.)

www.tnar.ir

عوامل مؤثر در دوره طرح عبارتند از:

دوره طرح = f (عمر مفید واحد ، اقتصادی ، عمر مفید واحد ، ... و بهره برداری توسعه)

- عمر مفید واحد: عمر مفید شیرهای فشارشکن، لوله ها، پمپ ها و هر وسیله ای که دوره استفاده قرارش در طرح باید تعیین شوند.

این عمر مفید با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع خاک و ... تعیین می شود.

- ظرفیت اقتصادی: هر چه عمر مفید بیشتر باشد و دوره طرح هم بیشتر باشد، بودجه مورد نیاز افزایش می یابد. پس با توجه به بودجه ای که داریم می توانیم دوره طرح را تعیین کنیم.

مثلاً برای دوره طرح 50 سال، 25 سال را انتخاب کنیم و با استفاده از سود آوری آن، دوره طرح 25 ساله بعدی را در نظر بگیریم.

- بهره برداری یا مشکلات توسعه: در طرح هایی که مشکلات توسعه داریم، باید دوره طرح را افزایش دهیم. پس باید در طراحی به توسعه نیز توجه داشته باشیم. (مخصوصاً در مورد لوله ها و کارگذاری آنها)

دوره طرح تأسیسات شبکه آبرسانی

	دوره طرح (سال)	تعیین ظرفیت
تأسیسات برداشت آب از منابع سطحی	25-50	حداکثر مصرف روزانه
تأسیسات برداشت آب از منابع زیرزمینی	10-25	حداکثر مصرف روزانه
منابع تأمین آب	25-50	متوسط مصرف سالیانه
خطوط انتقال تصفیه خانه	25-50	حداکثر مصرف روزانه
پمپ ها	10	حداکثر مصرف روزانه
		+ حجم ذخیره
	در صورت ضرب شدن پمپ ها آنها را در نظر می گیرند	
مخازن توزیع	20-25	حداکثر مصرف روزانه
		+ ذخیره آتش نشانی

www.tmar.ir

شبکه { شبکه توزیع — مطابق استاندارد به شبکه توزیع — 25 - 50 — حداکثر مدت ساعتی
شبکه توزیع — کل دوره طراحی — حداکثر مدت روزانه
به عمر مصالح مربوط است — + نیاز آتش نشانی

← ظرفیت شبکه براساس max در مقادیر ذکر شده تعیین خواهد شد.

← به دلیل عدم تضمین واحد دوره طراحی منابع تغذیه از منابع سطحی کم است.

← در این حالت از شیر فلکه استفاده شود.

برای بالا آمدن آب باید سرری تعبیه کرد
تا آب به صورت ثقلی خارج شود در غیر این صورت
باید از دو پمپ استفاده کنیم

سرری

← شبکه باید طوری طراحی کنیم که در یک روز سال و در یک ساعت خاص مدت حداکثر بودن تأمین شود
جوابگو باشد و بتواند فشار لازم را تأمین کند.

← باید طراحی طبق آیین نامه باشد و اگر می خواهیم ضوابط را نداشته باشیم باید به تأیید کارفرما برسد

← استاندارد مصرف را در نظر می گیرد که ضوابط کشوری شرایط باشد

← دوره طرح را در شرایط خاص می توانیم مصرد مرحله تقسیم کنیم.

← دوره طرح تأسیسات و قسمت های مختلف آبرسانی که شرایط زیر می تواند به
چند مرحله اجرا تقسیم شود:

۱) تأسیساتی که نمی توان آنها را در چند مرحله اجرا کرد و در هر مرحله اجرای به تنهایی قابل بهره برداری باشد.
۲) اجرای هر مرحله بعدی موجب تغییرات اساسی در تأسیسات مراحل قبل یا توقف بهره برداری نشود
۳) هزینه اضافی ناشی از اجرای چند مرحله ای در هر قسمت از تأسیسات قابل توجیه باشد
۴) فاصله زمانی بهره برداری بین دو مرحله خیلی کوتاه نباشد (کمتر از ۵ سال نباشد)

www.tiran.ir

← فاصله زمانی گزینه توجیه اقتصادی ندارد.

۵) دواصل مختلف باید به گونه‌ای اجرا گردند که در مجموع مقرر به‌بهره‌برداری برسند و در هیچ زمانی طرح دچار کمبود آب و یا رسایی نگردد.

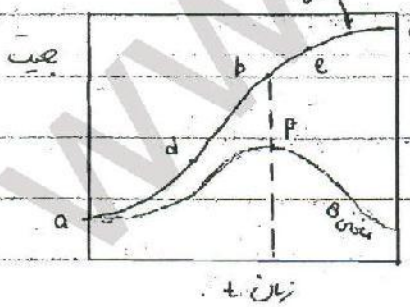
← شرط پنجم در مورد آبرسانی بسیار مهم است چون مسئله ضیقی است.

ج) جهت طرح:

← باید برآوردی از جهت هم بعد از اجرای شبکه و هم پس از دوره طرح داشته باشیم چون این جهت هستند که آب را مصرف می‌کنند و در ابتدا شبکه باید برای حداقل جوابگو باشد و پس از دوره طرح باید برای حداکثر جوابگو باشد.

در تعیین حجم مخازن و قطر لوله‌ها، جهت تأثیر دارد.

← به مجرد مالک شدن یک باب دکان، اندازه و رشد جهت سریع است و پس از مالک شدن به ضرر می‌گردد و پس رشد جهت کاهش می‌یابد و به جهت اشباعی می‌رسیم که پس از آن تغییر چندانی در روند رشد جهت نداریم.



a) نقطه شروع رشد جهت

b) نقطه عطف شروع کاهش رشد جهت نسبت به زمان

c) نقطه رسیدن به جهت اشباع

d) نقطه‌ای که رشد جهت نسبت به زمان صفر می‌شود.

e) نقطه پایان رشد صفر جهت

f) نقطه‌ای که ضریب رشد جهت در آن صفر است.

معنی A نهایی: منحنی مشتق رشد جهت نسبت به زمان

www.tnar.ir

محسن B ... شهر ... بر اساس رشد جمعیت

- سایر جهات محاسبه و تحلیل جمعیت آینده هر شهر

سرشماری عمومی ... رسمی و جاری کشور

- در ایران از سال 1335 شروع شده و پس از آن هر 10 سال یکبار صورت گرفته است

آمارهای تهیه شده توسط ارگان های محلی و سازمان های دولتی

طرح های صنایع و معادن و غیره

- برای برخی مناطق مطالعات خاصی انجام شده است ... مانند سیلاب ها و معرف آنها

با مراجعه به موارد نیز می توانیم این اطلاعات را بدست آوریم

آمار گیری نمونه ای

- عوامل مختلف مؤثر در رشد جمعیت ها

روند رشد جمعیت در سال های گذشته

طرح های توسعه پیش بینی شده در آینده

روند رشد جمعیت در مناطق مجاور

محدودیت های موجود برای توسعه آینده
- محدودیت منابع آب
- زمین های قابل استفاده

* در مناطق کوهستانی و جلگه ای ... امکان گسترش کم است

امکان مهاجرت عرب و یا دیگر

جمعیت فصلی و تغییرات جمعیت در فصول مختلف

- از جهت صنعتی توریستی و زیارتی بودن محل

www.tinar.ir

• روش های مختلف پیش بینی جمعیت :

۱) روش نموداری Graphical Method

۲) روش ریاضی Mathematical Method

۳) روش های نسبت هم بستگی Ration Methods

۴) روش های مؤلفه ای Component Methods :

← روش پیش بینی جمعیت داریم : ۱- کوتاه مدت ۱۵-۱ سال

۲- بلند مدت ۵۰-۱۵ سال و بیشتر

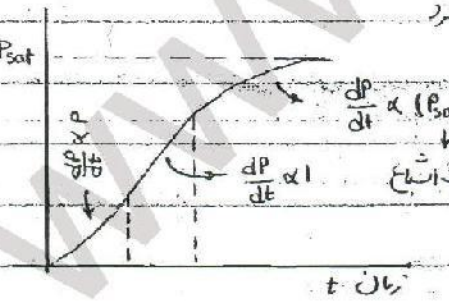
• پیش بینی افزایش جمعیت در کوتاه مدت : (روش ریاضی)

۱- رشد هندسی ۲- رشد حسابی ۳- رشد با افت کاهشی

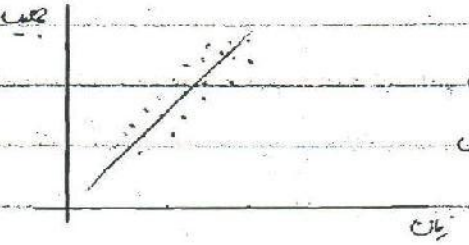
Geometric Growth Arithmetic Declining Growth

← در بازه های مختلف می توان جمعیت را بررسی کرد

و نوع رشد جمعیت را مشخص نمود



← روش نموداری :



← یکی از روش های نموداری ، برازش دادن

یک منحنی به نقاط آماری است که در مقیاس

لگاریتمی به صورت خط است .

www.tnar.ir

• رشد حسابی:

← تغییرات رشد جمعیت نسبت به زمان، مقدار ثابتی است.

$$\frac{dP}{dt} = K_a \rightarrow K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$$

$P_t = P_0 + K_a t$ ... مقدار جمعیت در زمان معلوم ... P_0: جمعیت در زمان حاضر

P_t: جمعیت در t سال آینده

• رشد هندسی:

$$\frac{dP}{dt} = K_g P$$

K_g: ضریب رشد هندسی

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1}$$

$$\boxed{\ln P_t = \ln P_0 + K_g t} \quad , \quad \boxed{P_t = P_0 (1+r)^t}$$

↙ رابطه بین دو رابطه

r: ضریب رشد (درصد افزایش سالانه جمعیت)

$$r = \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{T_2 - T_1}} \right] - 1$$

• رشد با آهنگ خاصی:

$$\frac{dP}{dt} = K_d (P_{sat} - P)$$

P_{sat}: حداکثر جمعیتی که جمعیت بیش از آن رشد نخواهد کرد. (روند رشد از آن به بعد خاصیتی است)

↓ جمعیت اشباع

$$K_d = \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \right] \ln \left(\frac{P_{sat} - P_2}{P_{sat} - P_1} \right)$$

$$P_t = P_0 + (P_{sat} - P_0)(1 - e^{-K_d t})$$

مثال) شهرداری دوبرابر شدن جمعیت یک شهر را ۱۵ سال ($T_2 - T_1 = 15$) و جمعیت آن را $P_{T_1} = 111000$ و $P_{T_2} = 171000$ نفر برآورد کرده است. با استفاده از روش‌های حسابی و هندسی جمعیت روز اول هر ماه پس از پنجمین سال بین دو برآورد را محاسبه کنید.

www.tmar.ir

(سرشماری ۵ در اول مهرماه انجام شده است)

← برای ارزیابی مدل و میزان دقت پیش‌بینی روش‌های حسابی و هندسی، حجم جمعیت برآورد شده برای سال‌های جمعیت در سرشماری را با واقعیت می‌سنجیم.

$t = 5.25$ سال

روش حسابی: $P_{5.25} = 111000 + \frac{171000 - 111000}{10}(5.25) = 142500$ نفر

روش هندسی: $\ln P_{5.25} = \ln 111000 + \frac{\ln 171000 - \ln 111000}{10}(5.25) = 11.844$

$\Rightarrow P_{5.25} = 139274$ نفر

$t = 9.25$ سال

روش حسابی: $P_{9.25} = 171000 + \frac{171000 - 111000}{10}(9.25) = 226500$ نفر

روش هندسی: $\ln P_{9.25} = \ln 171000 + \frac{\ln 171000 - \ln 111000}{10}(9.25) = 12.949$

$\Rightarrow P_{9.25} = 255031$ نفر

← میزان جمعیت برآورد شده در سرشماری از روش هندسی کمتر از روش حسابی است ولی پس از سرشماری دوم میزان جمعیت از روش هندسی بیشتر از روش حسابی است.

مثال ۱۲: جمعیت شهری در سال‌های 1360 و 1375 برابر است با 100,000 و 110,000 نفر. جمعیت را در سال 1385 با به روش حسابی، هندسی و رشد با حذف ها حسابی برآورد کنید.

$P_{est} = 200,000$ نفر

روش حسابی: $K_a = \frac{110000 - 100000}{15} = 667$

$P_{1385} = 110000 + 667 \times 10 = 116667$ نفر

روش هندسی: $K_g = \frac{\ln 110000 - \ln 100000}{15} = 0.0064$

www.itnar.ir

$P_{1385} = 110000 + (200000 - 110000)\left[1 - e^{-(0.007 \times 10)}\right]$

$\Rightarrow P_{1385} = 116085$ نفر

پس می‌توان جمعیت در طول دوره را:

* روش منحنی رشد لجستیک (Logistic Curve)

$$P_t = \frac{P_{sat}}{1 + ae^{bt}}$$

$$P_{sat} = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$$

$$\begin{cases} a = \dfrac{P_{sat} - P_0}{P_0} \\ b = \dfrac{1}{n}\ln\left[\dfrac{P_0(P_{sat} - P_1)}{P_1(P_{sat} - P_0)}\right] \end{cases}$$

P_0 و P_1 و P_2 به ترتیب جمعیت سال‌های اول، دوم و سوم

* روش نسبت جمعیت

اگر در شهری آمار نداشته باشیم از آمار شهرهای مجاور آن می‌توان استفاده نمود و یا شهرهایی که آب و هوای مشابه با آن دارند.

$P_t = K_t P'_t$

P'_t : جمعیت شهر مجاور

K_t : نسبت جمعیت دو شهر در شرایط مشابه

مثلاً در شرایط شهر مجاور در سال 1385 مشابه وضعیت شهر مورد نظر در سال 1365 باشد، نتیجه $K_t = \frac{P_{1365}}{P'_{1365}}$ خواهد بود

www.itnar.ir

- روش برآورد ای

جمعیت شهر به سه عامل کلی بستگی دارد:

۱- میزان تولد (B) ۲- میزان مرگ و میر (D) ۳- میزان مهاجرت (M)

$$P_t = P_0 + B - D \pm M$$

مثال) در دو دوره 20 ساله، جمعیت شهری از 45000 نفر به 258000 نفر و پس از 438000 نفر افزایش یافته است. جمعیت اشباع را پیدا کنید. آورید از طریق منحنی لژستیک جمعیت 40 سال پس از دوره دوم را پیش آوری کنید.

$$P_{sat} = \frac{2(45000)(258000)(438000) - (258000)^2(45000+438000)}{(45000)(438000) - (258000)^2}$$

$$\Rightarrow P_{sat} = 469000 \text{ نفر}$$

$$a = \frac{469000 - 45000}{45000} = 9.42$$

$$b = \frac{1}{2a} \ln\left[\frac{45000(469000-258000)}{258000(469000-45000)}\right] = -0.122$$

$$P_t = \frac{469000}{1+9.42\,e^{-0.122t}} \qquad t = 40+40 = 80 \text{ زمان از آغاز دوره سرشماری} \rightarrow P_{80} = 468740 \text{ نفر}$$

- ترازم و توزیع جمعیت:

نوع منطقه	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)
مسکونی - واحدهای تک خانوار	75 تا 12
مسکونی - واحدهای چند خانوار	250 تا 75

www.tinar.ir

نوع منطقه	ترازهای حجمت (لیتر در هکتار)
مسکونی - آپارتمانی	2500 تا 250
تجاری	75 تا 40
صنعتی	40 تا 12

مرحله اول پروژه: جمع آوری آمار و اطلاعات می باشد.

فصل دوم: تعیین مقدار آب مصرفی

← به پنج طریق آب مورد مصرف قرار می گیرد:

۱۱ مصارف خانگی — ۱۳ مصارف تجاری و صنعتی

۱۲ مصارف عمومی — ۱۴ مصارف هرز آبی

۱۵ مصرف آب آتش نشانی

متوسط مصرف سرانه آب 6 ساعتی روزانه مصرف کل در طول یک سال برای هر نفر به عوامل مختلفی مانند عوامل درجه، اجتماعی، شرایط آب و هوایی و فصول مختلف سال بستگی دارد.

★ مصرف خانگی بیش از نیمی از مصرف آب شهری را شامل می شود.

★ مصارف عمومی به غیر از مصارفی که برای آبیاری فضای سبز استفاده می شود بین ۱۵ تا ۲۰ لیتر در روز به ازای هر نفر در نظر گرفته می شود.

★ مصارف تجاری و صنعتی، ۴۰ تا ۴۵ لیتر در روز پیشنهاد شده است.

★ درصدی از مصارف صنعتی در نظر گرفته می شود که مستقیماً وارد شبکه نمی شوند و در فصل خاصی وارد می شوند و تراکم زیاد است.

★ مصارف هرز آبی بین ۱۵ تا ۲۰ درصد است و به طور متوسط ۱۵ درصد در نظر گرفته می شود.

← علل: لوله ها قدیمی — هرز آب اتصالات — انشعابات غیر مجاز

★ مقدار هدر رفت در کشور ما ۳۳ درصد می باشد.

www.ttnar.ir

آب مورد نیاز برای مصرف آتش نشانی :

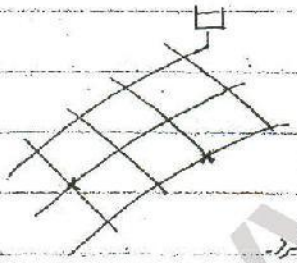
حجم آب مورد نیاز برای آتش نشانی به مصرف کل زیاد نیست ولی نکته مهم این است که این مقدار یکباره و در یک زمان کوتاه مورد مصرف قرار گیرد. یعنی در یک زمان کوتاه، حجم زیادی از آب مصرف خواهد شد و یک حالت بحرانی برای شبکه به وجود خواهد آمد پس باید شبکه به نحوی طراحی شود که بتواند فشار را در نقاط تأمین کند.

محاسبه حجم مخازن نگهداری آب

انتخاب لوله های آبرسانی

طراحی شبکه های لوله کشی و آبرسانی

← میزان مصرف آب توسط آتش نشانی با چند اصل ارتباط دارد.



★ اگر دو آتش سوزی به طور هم زمان در شبکه رخ دهد

باید برای طراحی، همه حالات محتمل را در نظر بگیریم

ولی در عمل، فقط برای حالات بحرانی، کنترل صورت می گیرد.

(مثلاً دورترین نقاط شبکه به عنوان حالات بحرانی انتخاب می شوند.)

★ مدت زمان آتش سوزی 4-2 ساعت در نظر گرفته می شود.

← استانداردهای مختلف برای مصرف آب آتش نشانی

1000 گالن در دقیقه برای 10000 نفر

1200 گالن در دقیقه برای 20000 نفر

حداقل فشار در شبکه = 20 psi

★ در جدول صفحه بعد ← f: جمعیت بر حسب 1000 نفر

نام رابطه	رابطه	Q برای GPM فشار 100000
Kuchling	$Q = 700\sqrt{P}$	7000
Freeman	$Q = 250\left(\frac{P}{5}+10\right)$	7500
N.B.F	$Q = 1020\sqrt{P}\left(1-0.01\sqrt{P}\right)$	9180
Bostoms	$Q = 1250\sqrt{P}$	12500

N.B.F = Nation Board of Fire

نوسانات مصرف:

* صنایع نوسان مختلف دارند. نوسانات مصرف عمل است به صورت روزانه، در ساعات مختلف و یا سالانه در روزهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

* عوامل مؤثر در نوسانات مصرف آب:

الف) شرایط آب و هوا

← در شهرهای مختلف و در فصول مختلف سال این شرایط متفاوت می‌باشد.

ب) وجود صنایع خاص ← صنعتی بودن منطقه

ج) زمان عادی مصرف

← نوسانات سالیانه

نوسانات فصلی (در تابستان مصرف بالا و در زمستان پایین است)

نوسانات ماهیانه

نوسانات هفتگی (در روزهای تعطیل مصرف متفاوت است)

نوسانات روزانه

نوسانات ساعتی

* در لوله‌ها مصرف اندازه‌گیری می‌شود بنابراین ما توجه به شرایط مصرف در تابستان طراحی کنیم.

www.tnar.ir

- نوسانات روزانه در طراحی حجم مخازن اهمیت دارد
- نوسانات ساعتی برای طراحی شبکه مهم است

$V_{مخزن}$ حجم آب = $P_{طرح}$ × مصرف سرانه × 365 ← از روی هدول تعیین می‌شود

$$Q_m^d\ (lit/s) = \frac{V}{365 \times 24 \times 3600}$$

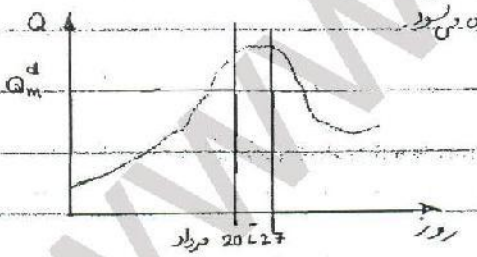
- این مقدار برای کل طرح است و
- اگر برای هر لوله بخواهیم باید این مقدار را بر جمعیت تقسیم کنیم

$$Q_{max}^d = (1.5 \text{ تا } 2.5)\ Q_m^d$$

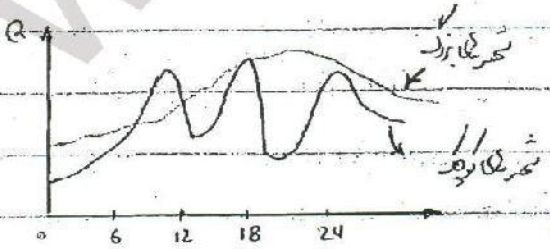
↳ روزانه، یک روز، دبی max می‌شود.

برای شهرهای کم جمعیت باید ضریب پایین تر و شهرهای پر جمعیت ضریب بالاتر انتخاب شود. (اگر ایده ای نداشتیم، مقدار ۲ انتخاب می‌شود)
البته این ضریب با توجه به شرایط آب و هوایی نیز تعیین می‌شود

* برای طراحی حجم مخزن از این دبی استفاده می‌شود



- مقدار Q_m^d جایی است که خط زرد یعنی با خط زرد این خط برابر می‌شود.



$$Q_{max}^h = (1.5 \text{ تا } 2)(1.5 \text{ تا } 2.5)\ Q_m^d$$

↳ این max دبی یک ساعت خاص

www.itnar.ir

چون نوسانات مصرف آب در شهرهای کوچک بیشتر از شهرهای بزرگ است بنابراین ضریب بزرگتر برای شهرهای کوچک و ضریب کوچکتر برای شهرهای بزرگ استفاده می شود.

فصل سوم: مبانی مربوط به ظرفیت طراحی اجزاء سیستم آبرسانی

منابع تأمین آب: — منابع سطحی
— منابع آب زیرزمینی

آب های زیرزمینی توسط چاه ها بهره برداری می شوند که عمق و فاصله چاه ها نیاز به طراحی خواهد داشت. بهره برداری از این آب ها نیازمند پمپ است (برای انتقال به مخزن) بنابراین هزینه واحد گرانتر خواهد بود.

بهره برداری از منابع سطحی طولانی مدت است.

پس از تأمین آب از منبع، باید آن را در مخازن ذخیره کرد.

مخازن ذخیره آب: — مخازن توزیع Distribution Reservior
— مخازن سرویس Service Reservior

در مخازن توزیع، در یک روز خاص، مخزن را پر کرده و آنرا مورد مصرف قرار می دهیم (نوسانات مصرف را تحت پوشش قرار می دهد) — حداکثر مصرف روزانه است.

برای ایجاد ارتفاع لازم و افت های ناشی از تأمین، از مخزن سرویس یا متعادل ساز استفاده می شود. (فشار لازم در پایین دست توسط مخزن توزیع تأمین می شود)
می توان سنسورهایی را قرار داد که وقتی افت فشار داریم، از مخزن سرویس به شبکه استفاده شود.

www.itnar.ir

- مخازن زمینی
- مخازن هوایی

← نوع دیگری از تقسیم بندی مخازن ذخیره آب

* اهداف: تأمین ذخیره اضطراری
- " " آتش نشانی
- " " متعادل سازی
- تأمین مصرف کل یک روز پیش بینی شده آبادی (یا شهر) آینده

← ذخیره متعادل سازی را با استفاده از منحنی های مصرف روزانه می توان تعیین نمود.
تابع مشخصات هیدرولوژیکی محل و مصرف روزانه می باشد.

حجم مخازن زمینی:

* به دلیل اهداف اقتصادی و هزینه پایین تر از این مخازن استفاده می شود و در طراحی آنها نوسانات مصرف روزانه را در نظر می گیرند.

$V = \alpha Q_{max}^{d} + V_f$

α: ضریب (بافی از جدول زیر)

Q_{max}: ماکزیمم مصرف سالیانه روزی بر حسب m^3

V_f: حجم مورد نیاز آتش نشانی

← حجم نوسانات مصرف معمولاً به صورت درصدی از مصرف روزانه بیان می شود.

جمعیت شهر	α	اضافه حجم آتش نشانی
کمتر از 2000 نفر	٪100	50 - 200 m^3
3000 - 5000	٪75	300 m^3
5000 - 10000	٪60	350 m^3
بیش از 10000	٪50	350 m^3

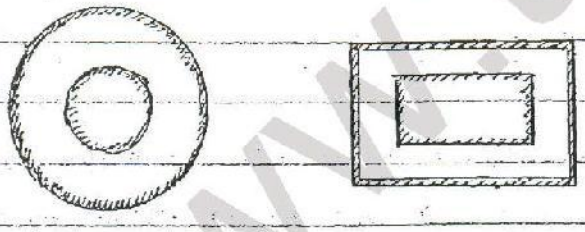
www.tmar.ir

- پارامتر مهم دیگر ارتفاع آب داخل مخزن زمینی است. اگر فشار آب در مخزن زیاد باشد نوسانات فشار به شدت زیاد می‌شود. بنابراین برای کم شدن هایی که برای احداث مخزن نیاز است می‌توانیم ارتفاع آن را زیاد کنیم بنابراین ارتفاع مخزن محدودیت دارد.

ارتفاع آب در مخازن زمینی:

حجم مخزن	ارتفاع
$< 400\ m^3$	2.5 تا 4 متر
$400 < V < 1500\ m^3$	4 تا 5 متر
$> 1500\ m^3$	حداکثر 6.5 متر

* در صورتی که حجم مخزن بیش از $100\ m^3$ باشد باید مخزن 2 سلولی شود.



- مخازن می‌توان دو مخزن بودن ساخت و یا از دو مخزن در کنار هم استفاده کرد.
- دلیل استفاده از مخزن دوسلولی این است که در صورت خرابی یکی از مخازن، می‌توان از مخزن دیگر استفاده کرد.

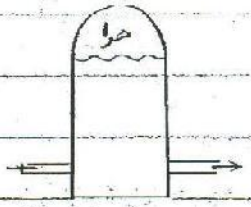
* در آیین‌نامه برای محاسبه حجم مخازن زمینی ضریب α را 0.25 در نظر داده و حجم آب آتش‌نشانی و اضطراری را تعیین و با هم جمع می‌کنند.

برج‌های آب و یا مخازن با پایه‌های هوایی:

در صورتی که ارتفاع مناسب در اطراف شهر وجود نداشته باشد باید از مخازن هوایی

www.tinar.ir

استفاده نمود.



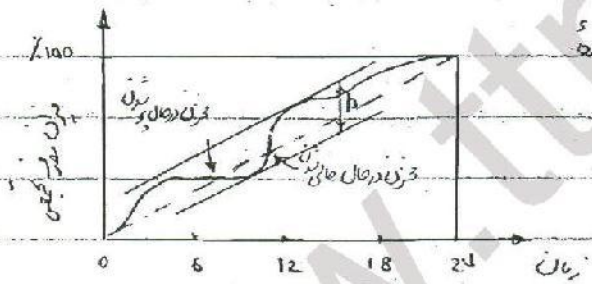
مخزن تحت فشار

★ از این مخازن در شبکه آبرسانی استفاده نمی‌شود بلکه در برج‌ها برای ساختن آب به طبقات مختلف می‌توان از آن استفاده نمود.

$100\ m^3 < \text{حجم} < 1000\ m^3$ ← حجم مخازن پایه دار هوایی

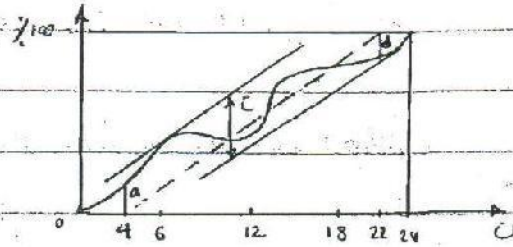
از بین این مقادیر سه تا از چند مخزن استفاده می‌کنیم.

★ شیب این خطوط نشان دهنده میزان مصرف است.



+ برای تعیین حجم مخزن هوایی دو خط موازی خط اصلی بر مقدار max و min عاس می‌کنیم. حجم h، حجم ذخیره مورد نیاز است.
این مقدار از حجمی که برای مخزن زمینی پیدا کردیم کمتر است.

+ این روش در حالتی است که پمپ 24 ساعته در حال کار کردن است. ولی باید در طول روز به پمپ استراحت داده شود. (مثلاً 6 ساعت). هم چنین زمانی که پمپ نیاز به تعمیر دارد، پمپ خاموش است.



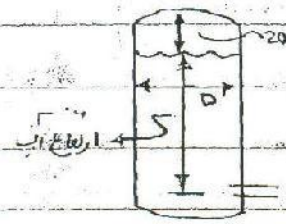
حجم ذخیره نیست بلکه باید حجم آبی که در زمان کار کردن پمپ مصرف می‌شود.

www.itnar.ir

در فشار آب زیاد

{ c / a+d / } → max این دو مقدار ، به عنوان حجم ذخیره مخزن در نظر گرفته می‌شود.

ارتفاع آب در مخازن پایه دار هوایی :



ارتفاع آب 5-7 m در نظر گرفته می‌شود.

ذخیره مخزن
$$\begin{cases} D = S + \frac{V}{100} & 100\,m^3 < V < 500\,m^3 \\ D = 8 + \frac{V}{250} & 500\,m^3 < V < 1000\,m^3 \end{cases}$$

هیدرولیک چاه‌ها :

مبنای هیدرولیک چاه‌ها رابطه دارسی است

$$V_f = K_f \frac{h}{L}$$

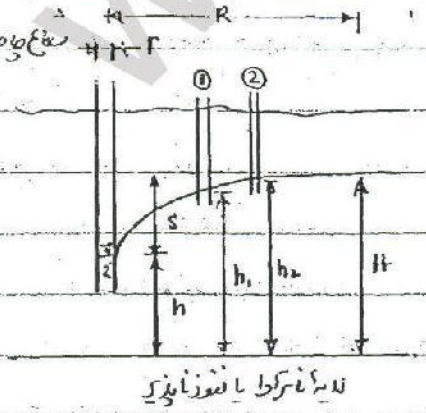
V_f : سرعت صافی

K_f : ضریب نفوذپذیری

h : اختلاف فشار

طول مسیر جریان

A : سطح مقطع عبوری جریان و $Q = A \times V_f$ دبی



• فرضیات دوپویی (Dupuit)

۱) جریان پایدار است.

۲) جریان تک بعدی و افقی است.

۳) صرف نظر از مؤلفه قائم سرعت

۴) همگن و ایزوتروپ بودن زمین

۵) استفاده از رابطه دارسی

www.ttnar.ir

- منظور از ایزوتروپ بودن این است که در یک نقطه، مشخصات در همه جهات یکسان باشد.
- منظور از همگن بودن این است که در همه اعماق، مشخصات یکسان است.

$$Q = A\, K_f \frac{dy}{dx} \quad \Rightarrow \quad Q = 2\pi x\, y\, K_f \frac{dy}{dx}$$

$$\Rightarrow \int_h^H y\, dy = \frac{Q}{2\pi K_f} \int_r^R \frac{dx}{x} \Rightarrow \boxed{Q = (H^2 - h^2)\, \frac{\pi K_f}{\ln \frac{R}{r}}}$$

R: فاصله چاه تا جایی است که دیگر افت سطح آب نداریم.

$R = 3000\, S \sqrt{K_f}$ رابطه زیشارد (Sichardt)

S: افت سطح چاه

- با استفاده از چاه های کاوه می توان مقدار R و K_f را بدست آورد.

حدودیت ها:

دو نوع حدودیت داریم: ۱- حدودیت های کانونی ۲- حدودیت های کاهی

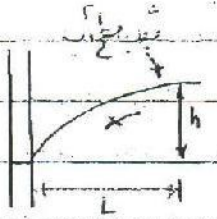
* حدودیت های کانونی نیازمند مطالعه وسیع در مورد تمام چاه ها و فاصله آنها از هم با توجه به مطالعات هیدرولوژیکی در کل و آمار و اطلاعات موجود می باشد.
- برای نوع مصرف خوب برای صد چاه (تعداد چاه و عمق آنها) صادر می شود.

* حدودیت های فیزیکی مربوط به هندسی در اراضی اعمال می شود.

۱- شیب سطح آب

۲- حدودیت سرعت

(سرعت تابعی از دبی مورد نظر است)



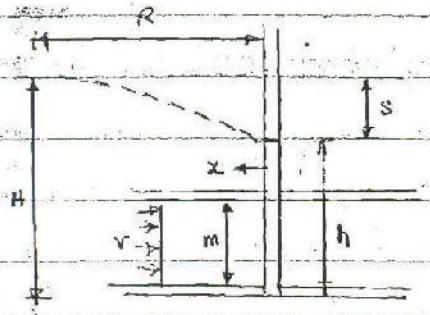
www.tinar.ir

* بالاترین نقطه سطح آب در بعضی از لوله‌های جدار شسته شده و اطراف چاه (با وجود در نظر گرفتن تلفات) و مشکلات دیگر وجود خواهد داشت.

شیب هیدرولیکی $i_c = \frac{h}{L} = \frac{1}{15\sqrt{K_f}}$

سرعت بحرانی $V_c = \frac{\sqrt{K_f}}{15}$ m/sec $\Rightarrow Q_c = \frac{2\pi r (H-S)}{15}\sqrt{K_f}$

چاه کامل:



$$Q = A K_f \frac{dy}{dx}$$

$$Q = 2\pi x . m . K_f \frac{dy}{dx}$$

$$\Rightarrow \int_r^R \frac{dx}{x} Q = 2\pi m K_f \int_h^H dy$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = (H-h)\frac{2\pi m}{\ln R/r} K_f}$$

← برای محدوده‌های می‌تواند خطوط عمق قرارگیری پایه در آب زیرزمینی نیز وجود دارد (پایه‌ها در یک عمق معینی کار می‌کنند)

فصل چهارم: هیدرولیک جریان در محیط‌های متخلخل

خواص سیالات

طبقه‌بندی جریان سیالات

- تراکم / غیرقابل تراکم
- ماندگار / غیرماندگار
- آشفته / آرام / متوسط
- یک بعدی / دو بعدی / سه بعدی

www.itnar.ir