

Subject: ۹۳  
Year: Month: Date: ( )

حبیب الہیاری

ہیدرلوژی مہندسی (دکتر کتابچی)

hketabchi.ir

سایت کتاب درسی :

E-mail : h.ketabchi@gmail.com

PDF کی سہولت : SUTEH932

دانشیار محترم سید

دانشکدہ مہندسی عمران

تہیہ و تنظیم : حبیب الہیاری

۹۱۱۰۵۰۴۷

Subject:

Year. Month. Date. ( )

Subject:

Year. Month. Date. ( )

## The Earth's Finite water supply

Salt water 97.5 % آب های شور  
Fresh water 2.5 % آب های شیرین

استفاده از آب

شرب  
کشاورزی و خانگی  
کشاورزی  
صنعت  
تفریح

الگویستی ← حق آبی زیست محیطی برای الگویستی

## major Reservoirs of water

97.5 % of all water  
of all salt water

99.04 % - oceans

0.95 % - groundwater

0.01 % - lakes

2.5 % of all water  
Fresh water

69.6 % Glaciers, permanent  
snow pack & permafrost

30.1 % Groundwater

0.24 % Lakes & marshes

0.05 % soil moisture

0.04 % Atmosphere

0.006 % Rivers

0.003 % Biosphere



آب کی زیر زبانی منبع مناسبی برای تأمین آب شیرین می باشد ، اما هم علم التّشاف  
می خواهد هم علم استخراج و بهره برداری از آن کار بسیار سختی است .

آب شور  $\rightarrow 1\,365\,000\,000\text{ km}^3$

آب شیرین  $\rightarrow 35\,000\,000\text{ km}^3$

surface water ①  
ground water ②  
Icecaps & Glaciers ③

علم هیدرولوژی بیشتر به مورد ① و ② فوق می پردازد .

water scarcity  $< 1000\text{ m}^3/\text{person}/\text{year}$

water stress  $< 1700\text{ m}^3/\text{person}/\text{year}$

water stress تنش آبی :

تنش آبی حالتی است که علاوه بر کمبود آبی جمعیت زیادی بوجود باشد .

بحران آبی حالتی است که کمبود آب داریم ولی جمعیت کم است ، پس جمعیت نیز حائز اهمیت است .



بارندگی جهان 850 - 860 mm/year  
ایران 250 mm/year

در ایران بارندگی کمتر از  $\frac{1}{3}$  میانگین بارندگی جهانی است.

عواملی که می تواند آب زیر زمینی را تغذیه کند بارش است اما عواملی مانند دما، نوع کاربری زمین و ...، ثب روی این مسئله تأثیر گذار است.

مصرف آب کاملاً متناسب با جمعیت است. در بین مصارف آب ۱- کشاورزی ۲- شهری

۳- صنعتی قسمت عمده ی این آب در قسمت کشاورزی است در ایران بالای ۹۰٪ در دنیا ۶۰-۷۰٪

در نمودار برداشت و مصرف آب همواره درصدی اتلاف آب داریم که به تکنولوژی بستگی دارد.

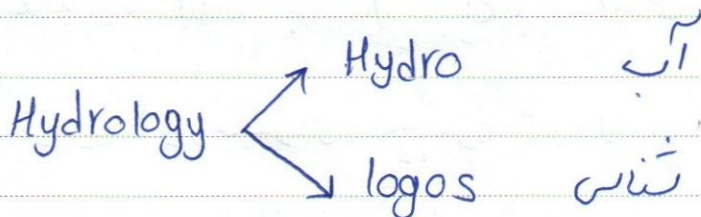
نکته ی دیگر آن است که درصد و میزان برداشت و مصرف آب با زمان در حال افزایش است.

## Basic Hydrology concept

علم آب شناسی

آب یک ماده ی اساسی و حیاتی برای تمامی ارگانیسم ها می باشد.

برای قرن ها مردم به دنبال این بوده اند که آب از کجای آید و به کجای رود.



هیدرولوژی چیست؟ - یک دانش آب است که با ریح دارد، چرخه و توزیع آب در

زمین و اتمسفر زمین می پردازد.

حوزه ای که ما با هیدرولوژی به آن می پردازیم ، سائل کاربردی این دانش است .

علت نیاز به دانش هیدرولوژی کاربردی

- نیاز به تخمین از منابع آب - مثلاً برای احداث سد باید بدانیم این سد را برای چه

چیزی از آب طراح می کنیم یا مثلاً برای انتقال یک حجم آب چگونه و با چه قطری از لوله باید

این انتقال صورت گیرد (پیش بینی برای منابع آبی

- نیاز به مطالعه راحیه ، بارش ، تبخیر ، آب های سطحی و رابطه ی بین آنها

و باعث انجام تصمیم گیری در مورد منابع آبی

- مطالعه ی مشکلات آبی نظیر سیل ، خشکسالی و ... و شناسایی آن و مهم تر از آن

استراتژی و راه کارهای تصمیم گیری برای حل این مشکلات



## Hydrology Categories شاخہ کی ہیدرولوجی

(Hydrometeorology) ارتباط مائل ہوا شناسی با دانش ہیدرولوجی است →  
 ہر آنچہ کہ بالا تر از سطح زمین (اتموسفیر) روی ہیدرولوجی مؤثر است۔  
 ؟ ہیدرومتئولوجی

لیمنولوجی (Limnology) : دانش مطالعاتی آب در سطح خشکی است۔ مثل :

دریاچه ، تالاب ، رودخانه ، لے بہ و ترنگہ کی فزیکس ، شیمیائی و بیولوجیکل پہلوئی  
 آبی در خشکی میں پردازد۔ لے مطالعاتی مخزن آب سد اہم در این شاخہ است۔

کرایولوجی (cryology) : دانش مطالعه شکل جامد آب است۔

لے برف شناسی + یخ شناسی

ژئوہیدرولوجی (Geohydrology) : ہیدرولوجی آب کی زیر زمین سے مطالعاتی

آب در زیر سطح زمین سے تعلق رکھتی ہیدرولوجی

ہیدروژئولوجی : (Hydrogeology) : دانش مطالعاتی زمین در زیر آب

از واہی ہیدروژئولوجی بہ غلط بہ جای ژئوہیدرولوجی  
 لے تعلق رکھتی زمین شناسی  
 استفادہ میں آتی۔

پوٹامولوجی (potamology) : دانش رودخانه شناسی با تعلق بہ جریان آب

در آن وجہ کی فزیکس ان



هیدروگرافی (Hydrography) : علم مطالعه‌ی وضعیت و خصوصیات فیزیکی آب در رابطه با

سائل عمدتاً کثیفانی ← سائل خروید ، موج ، نوسانات آبی  
water Fluctuations wave Tidal Effects

هیدرومتری (Hydrometry) : علم اندازه‌گیری آب است ، به ابزارها ، تکنیک‌ها و وسایل

اندازه‌گیری و سنجش آب می‌پردازد.

به مثلاً برای بدست آوردن دبی سطح رودخانه را به چند بخش تقسیم می‌کنند و برای

بدست می‌آورند  
به مثلاً برای بدست آوردن میزان شوری آب از الکتریک دانالسیته استفاده می‌شود.

اوسانوسنجی (oceanography) : دانشی که به تمام خصوصیات اوسانوس (ظرف

بیولوژیکی ، فیزیکی و شیمیایی آب می‌پردازد.

هیدرولوژی کاربردی (Applied Hydrology) : شاخه‌ای از علم هیدرولوژی که به کاربرد این شاخه

از علم در سایر علوم منجر می‌شود.

نحوه‌ی دیگر طبقه‌بندی شاخه‌های هیدرولوژی

هیدرولوژی آماری (Statistic Hydrology) : شاخه‌ای از علم هیدرولوژی با جمع‌آوری داده‌های

آماري و تجزيه و تفسير آنها و استفاده از روش هاي رياضي و آماري مي پردازد.

هيدرولوژي استوکستیک (Stochastic Hydrology) : شاخه اي از علم هيدرولوژي که به مسائل داراي عدم قطعيت و عدم قطعيت مي پردازد. مثلاً يک يک ميليون بار باران در سال آينده

داراي عدم قطعيت : در هيدرولوژي از اين دست پديده ها زياد است.

پديده ها

داراي قطعيت : Deterministic در هيدرولوژي ما نداريم يا تحليل محدود

مي توان بعضي از پديده هاي داراي عدم قطعيت را با علم به اينکه عدم قطعيت دارد با بعضي ملاحظات و

فرض ها به صورت قطعيت يا Deterministic لحاظ کرد.

هيدرولوژي رياضي (Mathematical Hydrology) : برگرفته از قوانين يا به اي (بقاي جرم، انرژي و -)

هيدرولوژي تجربی (Empirical Hydrology) : برگرفته از تجربه ، يعني يك دانشمند يا محقق با

يك سری آزمایشات و نتایج به رابطه ي رياضي مي رسد . معمولاً به اسم افراد است ، داراي

شرط و شروط و محدوديت هاي است .

هيدرولوژي عددي (Numerical Hydrology) : ابزار حل معادلات به با استفاده از برنامه نويسي و فلوجارت نويسي

هيدرولوژي سيستمي (System Hydrology) : با يك سيستم يا نظام سروکار داريم که داراي



اثر گذاری و اثر پذیری هستند که در جایی که بارندگاه لکان و سایر بررسی تمامی اجزاء صورت می گیرد از این شاخه از دانش استفاده می شود.

هیدرولوژی عملیاتی (operation Hydrology) شاخه ای از هیدرولوژی که با شاخه ای مدیریت و تحقیق در عملیات ترکیب شده است و این امکان را فراهم می کند که تصمیم گیری بر مبنای علم و قابلیت عملیاتی کردن آن صورت گیرد.

### چرخه آب (Hydrologic cycle)

آب به عنوان تنهاده ای است که در سطح زمین به هر حالت جامد، مایع، گاز موجود است و یک حالت دینامیک بین این اقسام موجود است. به رتبه دینامیک و پویایی که بین احوال مختلف آب در شرایط مکانی و زمانی و مقیاس های محلی و جهانی دارد چرخه هیدرولوژیک گویند.

### اهمیت چرخه هیدرولوژیک

چرخه هیدرولوژیک آب یک اثر مهم روی زمین های که ما در آن درگیر هستیم مانند بحث های کشاورزی، جنگل ها، مسائل اجتماعی، سیاسی، اقتصادی می گذارد.

از جمله استفاده های که از چرخه هیدرولوژیک می شود در طراحی و اجرای سد، سیستم های

زحاشی ، ناپری ، سازه های هیدرولیکی ، سازه های موجود در سواحل ، کنترل توری آب  
استفاده های تفریحی و ... استفاده می شود.

چرخش آب در این شکل خیلی پیچیده ای نیست. ابتدا از پهنه های آبی مانند دریا ، اقیانوس  
و ... تشکیل بخار می شود و بخار آب را تشکیل می دهند پس در خشکی با بارش صورت می گیرد  
این بارش مقداری اش تبخیر می شود ، مقداری روان آب سطحی و مقداری به صورت آب زیر زمینی

در می آید.

واژه های کاربرد در چرخش هیدرولوژیک

Evaporation from water bodies تبخیر آب از آب های سطحی (پهنه های آب)

water vapour moves upward تبخیر آب و حرکت آب به سمت بالا

Cloud formation تشکیل ابر

condensation تراکم ، میعان

precipitate بارش

interception برگزاف

transpiration تعرق

infiltration نفوذ

Runoff - streamflow آب های سطحی ، رواناب

Deep percolation به آبی گفته می شود که به سفره ای آب زیر زمینی می پیوندد

ground water flow آبی که شکل سفره ای آب زیر زمینی حرکت می کند



دو کار مهم را باید انجام دهیم :

۱- شناخت چرخه طبیعی آب در سطح زمین (natural water cycle)

۲- فشار یا اثری که انسان روی این چرخه گذاشته است ، خارج از چرخه سیستم طبیعی

است و باید روی اثرات انسانی شناخت داشته باشیم و بین رفتاری داشته باشیم .

↑ (man's Impact on the water cycle) مثلاً قرارگیری جلهای مختلف

بشر ، تبدیل جنگلها به مزارع کشاورزی ، دفن زباله و کلاً دستکاری بشروی سیستم های طبیعی

چرخه آب و تغییر در یک نقطه از آن تأثیری روی یک نقطه دیگر میگذارد . جمله معروف : نظام

طبیعت به سرعت انتقام میگیرد . مثال : خشک شدن دریاچه ارومیه و کشور زار شدن شمال غرب

✱ قسمت های مختلف چرخه هیدرولوژیکی می تواند روی هم اثر بگذارد و اثرگذاری متقابل ، مستقیم

یا غیرمستقیم می تواند ایجاد شود ۳- تعیین ظرفیت آبی سد ؟

نمونه ای از طراحی و بهره برداری ؟

- مثلاً زمانی که تخفیف می دهیم در جایی باید سد بسازیم ، ایند مخزن سد را در چه اندازه و

ابعاد باید بسازیم از این دانش استفاده می شود

- مثلاً طراحی سازه‌ای مقابله کننده با سیلاب

- طراحی سازه‌ای که در فضول مختلف ظرفیت‌های مختلفی دارند.

- طراحی کردن سازه‌ای هیدرولیکی و سازه‌ای موجود در سواحل در فضول مختلف سال

## water balance Equation

رابطه‌ی تعادل آبی

$$I(t) - O(t) = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$I(t)$  = inflow جریان ورودی

$O(t)$  = outflow خروجی

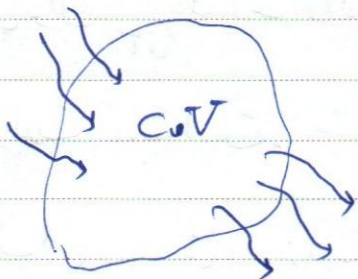
$\Delta S / \Delta t$  = change in Flow تغییرات ذخیره‌های سیستم

این رابطه‌ی فوق بقای جرم است، آب نه از بین می‌رود و نه تولید می‌شود. به معادله‌ی فوق

معادله‌ی بودجه‌ی آب (water budget)، معادله‌ی تعادل (balance Equa)، معادله‌ی

ذخیره‌ی آب (storage Equation)، معادله‌ی پیوستگی (continuity Equa)، قانون

بقای جرم (law of conservation of mass) نیز گفته می‌شود.



$$M = \rho \times V$$

جرم = چگالی × حجم

$$\frac{M}{L^3} \times L^3$$

تغییرات ناچیز



در علم هیدرولوژی چون  $\rho$  آب در دمای مختلف ثابت است پس قانون بقای جرم به معنای

بقای حجم و ثابت بودن حجم یک نهر می باشد.

units :

Volume / Time ( $L^3/T$ )

Mass / Time ( $M/T$ )

Depth over Fixed area per time ( $L/T$ )

بارش سطح حوضی آبریز و ضرب آن در این عدد مقدار حجم بارش مشخص می گردد  
 (خروج از سیستم) evaporation تبخیر

$$P = R + E + \frac{ds}{dt}$$

تغییرات حجم آب در سیستم  
 ↓ آب جاری Runoff  
 ↓ بارش باران (precipitation) (ورود یا خروج)

سیستم طبیعی اگر تغییری در آن ایجاد نشود، یک سیستم *stationary* یا ثابت و دائمی است

مثلاً میزان بارش در یک محدوده جغرافیایی دارای متوسط تقریبی مشخص است. اگر ما روی یک

بلند مدت کار کنیم ذخیره آن حوضی آبریز در هر سال تقریباً مقدار ثابتی است و تابع زمان نیست

پس می توان  $\frac{ds}{dt}$  را حدوداً صفر گرفت. یعنی نه حجمی در آن ذخیره و اضافه می شود نه کم می شود و

در دراز مدت ثابت است. مفهوم دراز مدت برای سیستم های مختلف تعاریف مختلفی دارد مثلاً

برای آب های زیر زمینی، دراز مدت دایره ای زمان بسیار طولانی تر است.

مثال) در یک سال آبی در حوضه‌ای به وسعت  $25,000 \text{ km}^2$  میزان بارش نزولات آسمانی

$500 \text{ mm}$  بوده است متوسط آبی رودخانه‌ی خروجی  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  است، سطح آب زیرزمینی

تغییر ناآب است، میزان تبخیر و تعرق را بدست آورید ؟  
 رابطه دایمی

$$E = P - R + \overset{\text{رابطه دایمی}}{0} = 500 \frac{\text{mm}}{\text{year}} - \frac{170 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 1000}{25000 \times 10^6}$$

$$= 285.5 \text{ mm/year} \quad \text{درصد تبخیر} \quad \frac{ET}{P} = \frac{285.5}{500} = 57\%$$

مثال) در یک حوضه‌ی آبریز، مقدار نزولات آسمانی  $400 \text{ mm/year}$  و در سطح رودخانه‌ی خروجی

$0.7 \text{ m}^3/\text{s}$  است، تراز آب زیرزمینی در ابتدای سال  $+70 \text{ m}$  و در انتهای سال  $+69 \text{ m}$  و ضریب

آبدهی ویژه منطقه  $0.35$  است، در صورتیکه مساحت حوضه  $40 \text{ km}^2$  باشد و برای آبیاری گندم

در سطح  $15 \text{ km}^2$  از حوضه مقدار  $600 \text{ mm/year}$  توسط آبیاری مصنوعی و باران تأمین شود، مقدار تبخیر و تعرق

را برآورده کنید.  $\leftarrow$  ضریب آبدهی ویژه  $\leftarrow$  specific yield =  $\frac{\text{تجمع یافته}}{\text{حجم خاک}}$

زمانیکه ارتفاع آب زیرزمینی  $1 \text{ m}$  کاهش یابد دقیقاً به اندازه‌ی یک متر آب نیست بلکه به اندازه‌ی

ارتفاع محارل در حالتی که خاک نداشتیم می‌شود یعنی باید در ضریب آبدهی ویژه ضرب شود.

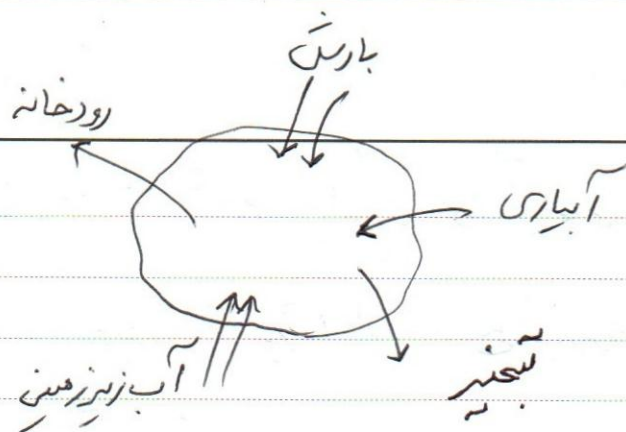
$$400 \frac{\text{mm}}{\text{year}} - \left[ \frac{0.7 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \times 1000}{40 \times 10^6} \right] \frac{\text{mm}}{\text{year}} + 0.35(70-69) \times 1000$$

$$+ \frac{200 \text{ mm/year} \times 5}{40} - E = 0$$

(600-400) ←  
 به آب مورد نیاز  
 به بارش باران



$$ET = 223 \text{ mm/year}$$



مثال) در طول یک شبانه روز میزان متوسط بارش، بر روی دریاچه ای به وسعت  $15 \text{ km}^2$  برابر

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad 4.2, 0.8, 3.5 \quad \text{آبشاری} \quad 1.75 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

انجام گیرد و دبی ورودی رودخانه به دریاچه  $1.5$  و  $6.8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  باشد، سطح دریاچه

بعد از 24 ساعت چه تغییری می کند. \* چون مسئله یک روز خاص که بارش در آن صورت

می گیرد است می توان به تئیرا در نظر گرفت.

$$(1.75 \times 24) \frac{\text{mm}}{\text{day}} + \left[ \underbrace{(6.8 + 1.5)}_{\text{ورودی رودخانه}} - \underbrace{(3.5 + 0.8 + 4.2)}_{\text{آبشاری}} \right] \times \frac{60 \times 60 \times 24 \times 1000}{15 \times 10^6}$$

$$= \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\rightarrow \frac{\Delta S}{\Delta t} = 41 \frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

$$\frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

## بارش (precipitation)

تعریف بارش  
شکل های مختلف بارش  
انواع بارش

بارش به نزولات جوی یا آبی که از اتمسفر زمین می آید به صورت مایع یا جامد است و علت آن

میعان یا تراکم پیدا کردن (condensation) رطوبت موجود در هواست که علت آن بدلیل سرد شدن هوا است.

(adiabatic lifting)

شکل هوا است. علت اصلی بارش سرد شدن و ریزش یا بالارفتن بی در و هوا است.

در اثر سرد شدن، ذرات به هم می آویزند و ذرات را تشکیل می دهند که اگر اندازه ی آنها از حدی بیشتر گردد، بارش می کند.

rainfall شکل مایع نزولات جوی است در طریقی معادل باران است. drizzle یا ریزه باران

یا نیم باران به شکل بسیار ریزه باران است. ممکن است که در اثر سرمای هوا به شکل یخ زده و جامد در

بیاید. snow ← بارش برف ice-needles ← برف ریزه sleet ← برف آبه

hail ← تگرگ graupel ← سنگ برف، گلوله برف

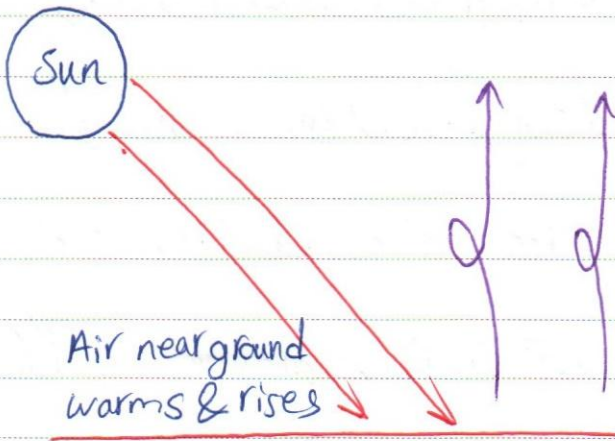


انواع بارش ، ← دسہ بندی پر اس میں فوہی حرکت رو بہ بالا و درستیہ منجربہ بارش شدن است .

convective storms ← جریانات ہمرقی  
orographic storms ← کوہستانی ، اور گرافک  
Frontal storms ← جریانات جبہای  
hurricane or tropical cyclone ← تدارک و گردباد

جریان ہمرقی

جریان کی کہ بدلیل حرکت تودہ کی ہوائی و جنبش کی از ہوا در جہت قائم ، بدلیل شرایط مختلف  
ظہر گرم شدن ہوائی سطح زمین و یک شدن ہوا و بالا رفتن ہوا است ، زمانیکہ ہوائی بطول سطح  
زمین بہ بالا می رود کم کم سرد می شود و زمانیکہ از نقطہی تبخیر می گذرد رطوبت بہ شکل مایع و یخ جلہ  
در می آید ، این نوع بارش معمولاً در فصل بہار کہ در سطح زمین رطوبت کافی داریم و سطح زمین شروع  
بہ گرم شدن می کند رخ می دهد .



## روستانی orographic

معمولاً به دلیل شکل توپوگرافی سطح زمین مثلاً برخورد توده‌های هوا یا یافتن مثل کوه برخورد می‌کند و تراکم یافتن در این اثر رخ می‌دهد و بارش صورت می‌گیرد.

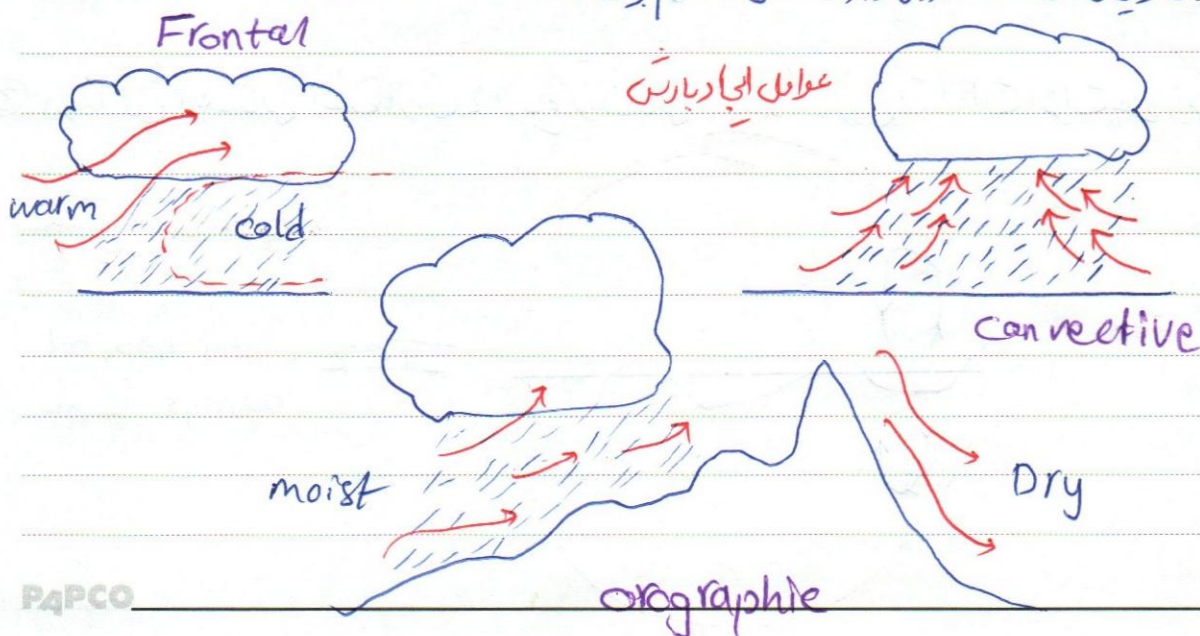
## جبهه‌ای Frontal

در جبهه‌ای هوایی که تقریباً دارای ویژگی‌های یکسانی هستند، به هم برخورد می‌کنند، زمانیکه برخورد صورت می‌گیرد به lifting راد را می‌خواهیم داشت و در نتیجه‌ی آن پدیده‌ی بارش رخ می‌دهد.

## rain gage

برای اندازه‌گیری میزان بارش، از باران سنج استفاده می‌کنند که عموماً بارش را نشان می‌دهد.

دارای ویژگی‌های استاندارد دارند. مثل: قائم بودن، ...





Convective ← در فصل بهار - دانه‌های بارش درشت - معمولاً سرد

Frontal ← برخورد دو جبهه‌ی گرم و سرد هوا

orographic ← برخورد ابر با کوه و هراکیم شدن و سپس بارش، ابرهای این نوع بارش

معمولاً دارای ضخامت بالایی دارند که در بارورسازی ابرها از همین روش استفاده می‌کنند.

- هر ۳ نوع بارش که در ایران موجودند :

① در زمستان بارش که از نوع جبهه‌ای هستند در اثر برخورد جبهه‌ای مدیترانه‌ای با جبهه‌ی ایران یا

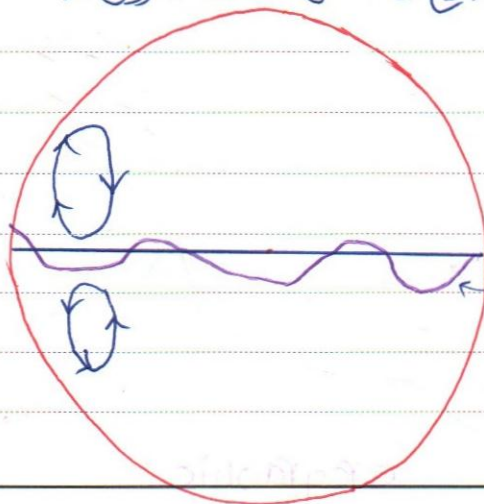
جبهه‌ای منطقه‌ی حاره‌ای جنوبی ایران یا جبهه‌ی ایران

② اکثر بارش‌های بهار از نوع همرفتی هستند، با رعد و برق همراه اند، کوتاه مدت، شدید و دانه درشت

هستند.

③ در مناطق کوهستانی اغلب بارش‌های از نوع کوهستانی هستند که روی ارتفاعات اثرات خود را می‌نشانند

سیستم جریان‌های جوی



ITCZ = inter tropical converge zone

سائل مرتبط با هیدرولوژی با هواشناسی سائل دینامیک و بویایی هستند که در سیستم های هیدرولوژیکی کار کردن با نقشه های هواشناسی در علم هیدرولوژی برای مدل کردن های دارای اهمیت است.

روشنی های مختلفی برای اندازه گیری ارتفاع بارش وجود دارد. سائل مختلفی برای نصب تعداد ایستگاه های توزیع آنها وجود دارد، مثلاً در محل های Flat و سطح، تعداد ایستگاه های کمتری نیاز است، مسائل مالی نیز روی تعداد ایستگاه تأثیر گذار است، از طرفی ایستگاهها باید توزیع متنوعی داشته باشند باید به آنها دسترسی وجود داشته باشد.

روشنی های اندازه گیری بارش

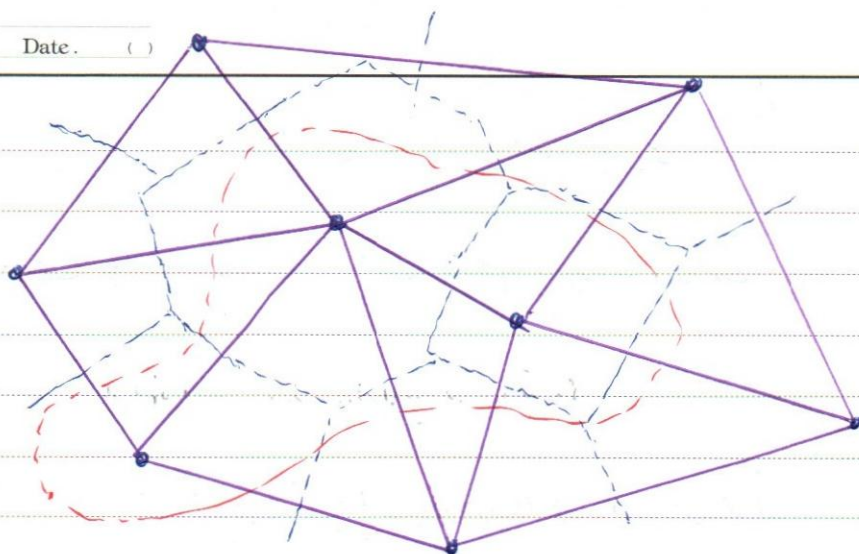
۱- میان گیری حبابی : (ریاضی) زمانیکه منطقی ما از نظر شرایط آب و هوایی و جغرافیایی همگی باشد از این روش استفاده می شود که دارای میزان دقت بالایی نیست. با میانگین گیری حبابی میزان بارش در ایستگاه های مختلف بدون در نظر گرفتن سایر عوامل -

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N}$$

۲- روش چندضلعی تیسسن (Thiessen polygons) : بار در نظر گرفتن سطوح مشخص برای

هر ایستگاه و میانگین گیری وزنی میزان بارش با توجه به سطح بارش مناظر هر ایستگاه

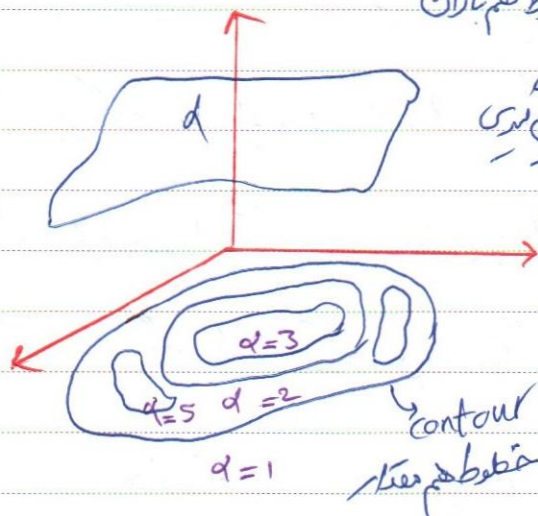




ایستگاه را به صورت مثلثی به هم متصل می کنیم ، سپس نمودار منصف های اضلاع هر مثلث را رسم می کنیم . مثلثی مثلثی اولیه را حذف می کنیم پس ناحیه ای هر ایستگاه مشخص می گردد .

$$\bar{p} = \frac{\sum A_i p_i}{\sum A_i}$$

۳- خطوط هم باران : روشی است که بر اساس خطوط هم باران



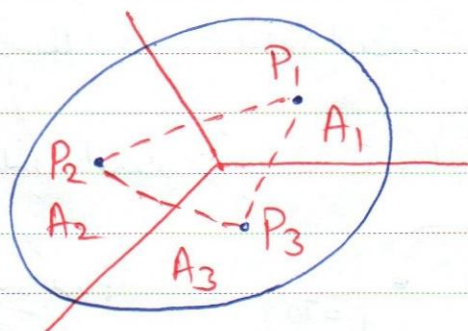
ساحت ناحیه را به چند قسمت تقسیم می کنند و پس میانه گیری می کنند ، این روش نسبت به سایر روش ها ارزان است .

→ برای رسم خطوط کانتور یک روش به اسم Kriging method وجود دارد که این کار را می کند .

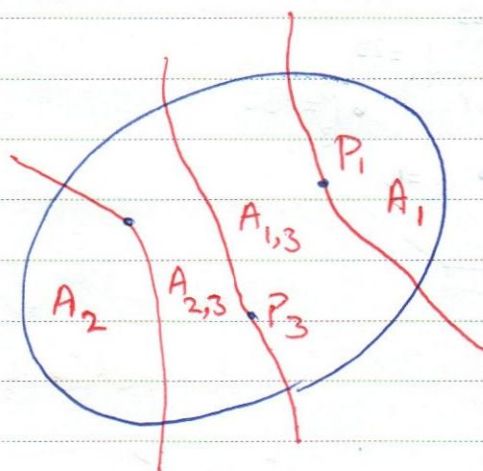
پس از نرم افزار این که این کار را انجام می دهد Winsurf (surfer) است .

$$\bar{p} = \frac{a_1 \left( \frac{P_1 + P_2}{2} \right) + a_2 \left( \frac{P_2 + P_3}{2} \right) + \dots}{A}$$

سؤال) در حوضی آب بریز. شکل زیر بیانگر بارش و آب ۳ روش محاسبه کنید :



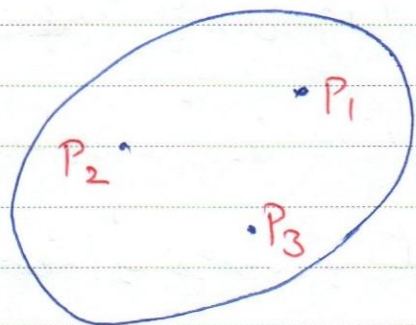
$$\bar{p} = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + P_3 A_3}{A}$$



$$A_1 = 5 \rightarrow P = 5 \quad A_{1,3} = 18 \rightarrow P = 15$$

$$A_{2,3} = 12 \rightarrow P = 25 \quad A_2 = 12 \rightarrow P = 35$$

$$\bar{p} = \frac{5 \times 5 + 18 \times 15 + 12 \times 25 + 12 \times 35}{47} = 21.6 \text{ mm}$$



$$\bar{p} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3}$$

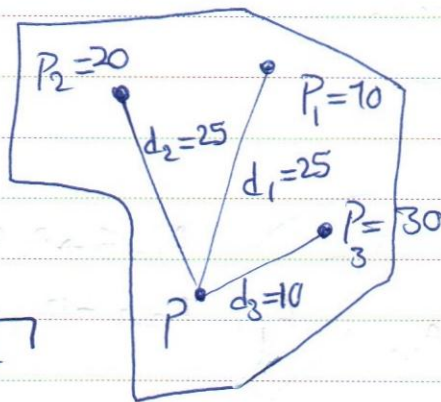


نماین نقطه‌ای نامی از نقاط مجاور که به هم اند.

روش بیدار بررسی است که در موردی که داده‌ای ما دارای Gap یا فاصله اند و تکلیف اطلاعاتی موجود است برای بیدار کردن این Gap است. Gap هم نبود data است، هم نبودن data و هم خطا در محاسبه‌ی data است.

تکنیک استفاده از بُعد صاف، با میانگین گیری و وزن با وزن عکس مجذور فاصله، نقطه‌ای ناشخص را پیدا کرد:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i}{d_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^N \left( \frac{1}{d_i^2} \right)}$$



$$d_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

بارامتری بارش:

مقدار بارندگی: به ارتفاع حاصل از بارندگی در طول مدت بارش می‌گویند. (بر حسب L، مثل cm یا mm)

متوسط بارندگی سالانه: به مقدار کل بارانی گفته می‌شود که به طور متوسط در طول یک سال در سطح

یک حوضه یا یک زیر حوضه یا یک نقطه‌ی اندازه‌گیری

متوسط بارندگی ماهیانه: مقدار کل باران در طول هر یک از ماه‌های سال

حد اکثر بارش روزانه : مقدار بارندگی در روزی از سال (24 hours) که بیشترین بارندگی را داشته است.

حد اکثر بارش ۶ ساعته : مقدار حد اکثر بارندگی در طول ۶ ساعت ممکن است اتفاق بیافتد.

- در تخمین سیلاب

$$P_{6hr} = \frac{2}{3} P_{24hr}$$

- در صورت نبودن این اطلاعات

حد اکثر بارش ۱ ساعته : بالاترین مقدار بارش در طول یک ساعت را گویند.

- برای تخمین سیلاب (غالب فرمول تخمین سیلاب تجربی هستند) ← دوره‌ی بازگشت = سال

\* نکته : در تعیین مقدار بارندگی، علاوه بر متوسط در طول دوره‌ی آماری، انحراف معیار هم باید

گزارش شود. - در تعیین درجه‌ی اطمینان

مدت بارندگی : (دوام یا duration) فاصله‌ی زمانی بین شروع و خاتمه یک بارش

شدت بارش : (Intensity) =  $\frac{\text{مقدار بارش}}{\text{مدت بارش}}$

← دوره‌ی بارش / کوتاه تر معمولاً شدت بارش بالاتری می‌دهند ولی دوره‌ی طولانی تر مقدار

بارش بیشتری به ما می‌دهد.

فراوانی (Frequency) : به معنی این است که در یک دوره‌ی زمانی مشخص، به طور متوسط چقدر بار



Subject :

Year . Month . Date . ( )

می توان انتظار داشت که بارانی مثابه آن بیارد.

معمولاً در هیدرولوژی از واژه‌ی دوره‌ی بازگشت (T) به جای آن استفاده کرد. (Return period)

$$F = \frac{1}{T}$$

اگر تعداد سالهای آماری (N) باشد و مقادیر بارندگی را صرف نظر از سال وقوع آنها، به ترتیب

نزولی یا صعودی مرتب کنیم، و آنها را شماره گذاری کنیم. پس شماره گذاری ردیف هر بارندگی (m)

و دوره‌ی بازگشت آن (T) رابطه‌ی زیر برقرار است:  $y = T \cdot m$

**مثال** حداکثر بارش روزانه در یک ایستگاه هواشناسی در طی ۱۲ سال به صورت زیر است، حداکثر

بارش روزانه با دوره‌ی بازگشت ۵ ساله چقدر است؟

| سال          | 61   | 62 | 63   | 64 | 65   | 66   | 67   | 68   | 69   | 70   | 71   | 72   |
|--------------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| بارندگی (mm) | 36.5 | 29 | 56.2 | 82 | 27.8 | 23.4 | 71.2 | 48.3 | 31.4 | 18.1 | 29.0 | 55.0 |

وقتی نزولی مرتب می کنیم اهداف پربارانی برای ما اهمیت

دارد و وقتی به صورت صعودی مرتب کنیم اهداف کم بارانی

یا خشک‌الی مد نظر است.

1 - 82      7 - 31.4

2 - 71.2      8 - 29.0

3 - 65      9 - 29.0

4 - 56.2      10 - 27.8

5 - 48.2      11 - 23.4

6 - 36.5      12 - 18.1

$$m = \frac{12}{5} = 2.4$$

یعنی بارانی که هر 5 سال بخاطر رخ بدهد در ردف 2.4 قرار دارد و عدد آن در ردف بین 2 و 3

قرار دارد و باید برای بدست آوردن عدد آن خطی بین عدد ردف 2 و 3 برارش دهیم.

هر 5 سال یکبار وضعیت خواهیم داشت که حداکثر مقدار بارش mm 68 یا بیشتر باشد.

اگر خواننده باشیم بارانی که هر 5 سال شاید آن و کمتر از آن رخ می داد را بدست آوریم باید اعداد را برعکس به صورت نزولی مرتب می کردیم.



هیئتوگراف (Hyetograph)

به نموداری گویند که بارش را بر حسب زمان رسم می کند.

mass curve of rainfall منحنی بارش تجمعی بر حسب زمان

point curve of rainfall منحنی که بارش های نقطه ای جمع آوری شده در یک زمان را نشان

می دهد.

نوع دیگر رسم نمودار Hyetograph با resolution یا رفته زمانی مختلف است مثلاً با رفته 5 دقیقه

10 ثانیه و ساعتی ، که هر چه زمان کمتر باشد شدت بیشتری داریم که دارای نوسانات زیاد است.

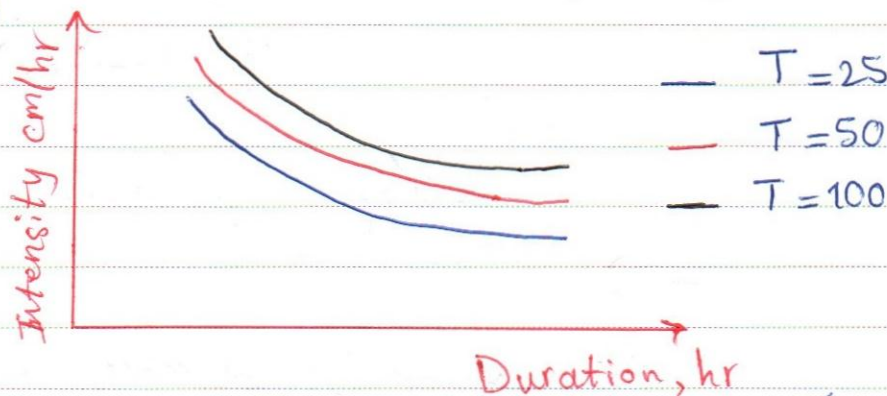


## IDF : intensity duration Frequency curve

معنی این است که داری کاربرد کمی زیادی می باشد، معمولاً برای هر منطقه ای ارائه می گردد، و افرادی که هندس را می شناسند هستند یا توجه به این نمودار طراحی می کنند. این معنی که رابطه بین دوام بارش، دوره بارش

شدت بارش و انشال می دهد.  $i = \frac{KT^x}{(D+a)^n}$   $\xrightarrow{\text{دوره بارش}}$   $\xrightarrow{\text{بارش}}$   $\xleftarrow{\text{شدت بارش}}$

$K$  و  $a$  : ضرایب ثابت مربوط به حوزه یا منطقه



هر چه دوره بارش بزرگتر در نظر گرفته شود منحنی به بالا shift داده می شود.

از روی این نمودار شدت بارش، دوره بارش و احتمال وقوع بارش برای هر منطقه را تفسیر کنیم.

ضرایب ثابت موقعیت جغرافیایی  $\xrightarrow{\text{برای بارندگی کمی کمتر از دو ساعت}}$   $i = \frac{a}{t+b}$   $\xleftarrow{\text{شدت بارندگی (mm/hr)}}$

$\xleftarrow{\text{مدت بارندگی (hr)}}$   $i = \frac{a}{t+b}$   $\xleftarrow{\text{برای بارندگی بیش از دو ساعت}}$

Subject :

Year . Month . Date . ( )

ضرایب ثابت از اداره هواشناسی

$$i = \frac{a}{(t+b)^c}$$

رابطه هواشناسی ایران :

روابط مختلفی برای بارندگی در مراجع گوناگون وجود دارد :

بارندگی کی آنالیز :

$$P = \left[ \frac{1.214 \times 10^5 t \cdot T}{600} \right]^{0.282} - 2.54$$

مقدار بارش (mm)

100 < دوره بازگشت (سال) < 2  
120 < مدت بارش < 15 (دقیقه)

بارندگی ایستگاههای باران سنجی USA (Bell, 1969)

$$P_T^t = (0.21 \ln T + 0.52) (0.54 t^{0.25} - 0.5) P_{10}^{60}$$

مقدار باران در زمان t (دقیقه)

دوره بازگشت (سال)

مدت بارش (دقیقه)

مقدار بارش در زمان T (mm)

مقدار باران در زمان 10 ساله

$$P_{10}^{60} = 2.26 (P_{24h})^{1.1374} (P_{year})^{-0.3072}$$

متوسط بارندگی سالانه (mm)

متوسط حداکثر بارش در 24 ساعته (mm)

رابطه بارندگی USA برای ایران و برایش شده است و به شکل زیر است :

$$P_T^t = \left[ 0.4524 + 0.2471 \ln (T - 0.6) \right] (0.3710 + 0.6184 t^{0.4484}) P_{10}^{60}$$



Subject:

Year:

Month:

Date:

( )

مثال) در یک ایستگاه هواشناسی، میانگین باران سالانه 250 mm و میانگین حداکثر بارش در 24

ساعت، 15 mm است. شیب باران در 15 دقیقه ای را برای ایستگاه یادشده بازگشت 25 ساله

تخمین بزنید.

$$P_{24hr} = 15 \text{ mm} \quad p_{10}^{60} = 2.26 (15)^{1.1374 - 0.3072} (250) = 8.9 \text{ mm}$$

$$P_{year} = 250 \text{ mm}$$

$t = 15 \text{ min}$  (Bell)  $p_{25}^{15} = [0.21(\ln 25) + 0.52] [0.54 \times 15 - 0.5] \times 8.9 = 6 \text{ mm}$

$T = 25 \text{ year}$

(ایران)  $p_{25}^{15} = [0.4524 + 0.2471 \ln (25 - 0.6)] [0.3710 + 0.6184(0.25) \times 0.4484] \times 8.9 = 7.76 \text{ mm}$

حوضه آبریز Basin - catchment watershed

یک سیستم آبریز است، به صورت مؤلفه ای از سیستم خشکی که رواناب بارندگی بر روی آن در نقطه ای به نام، نقطه تمرکز یا نقطه خروج جمع شده و از آن تخلیه می شود.



کشور ایران دارای ۴ حوضه آبریز است:

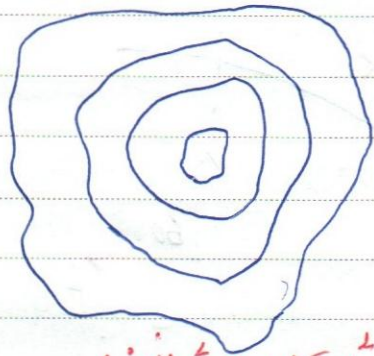
۱- حوضه خزر ۲- حوضه ارومیه

۳- حوضه سرخس ۴- حوضه غربی ۵- حوضه دریای عمان و خلیج فارس ۶- حوضه فلات مرکزی

خروجی اش با تلافی گاو خون است.

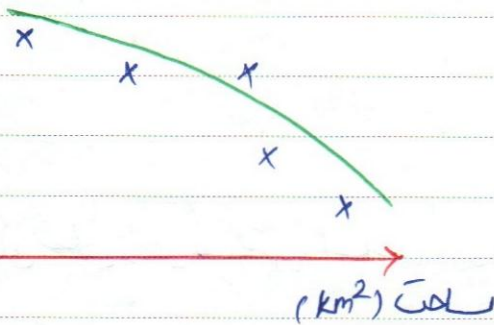
## رابطه بین مقدار بارش - ماحت

برای این امواز خطوط همباران در رسم نمودار مقدار - ماحت (Depth-area) با بارش



(درونیایی) منحنی بر نقاط موجود اسفاده می شود

مقدار  
بارندگی  
mm



ضرایب ثابت (از بارش منحنی)

$$\bar{P} = P_{max} C A^m$$

مقدار بارندگی روی  
سطح مورد نظر

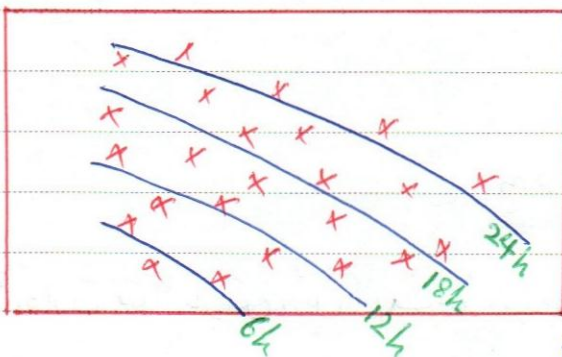
ضرایب مقدار  
باران

ماحت مورد نظر که مکرر است متوسط  
بارندگی روی آن تخمین زده شود

\* با افزایش ماحت مورد نظر (↑) مقدار بارندگی کاهش می یابد. (↓)

## (Depth-Area-Duration-curve) DAD Curve

Depth  
(mm)



Area (km²)

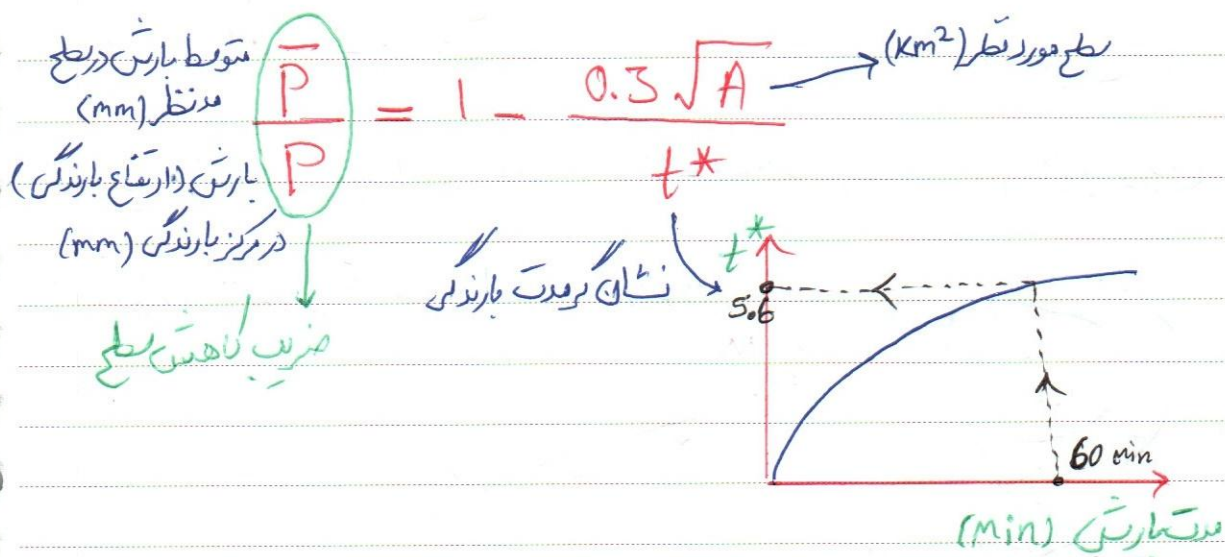
هر چه مدت دوره بارش { یا مدت اوج بارش }

افزایش یابد نمودار کم بالا شیب پیدا می کند.



Subject :

Year . Month . Date . ( )



**مثال ۱** مدت نظرات محلیات جمع آوری آب های سطحی داخل یک شهر بر اساس باران کمی یکسان با

دوره بازگشت ۱۵ سال صورت پذیرد ، بررسی آمار ایستگاه هواشناسی داخل شهر باران ۲۰ دقیقه ای

با دوره بازگشت ۱۰ سال را ۲۵ میلی متر برآورد کرده است ، چنانچه سطح این شهر ۸ km<sup>2</sup> باشد ، متوسط

بارندگی روی سطح این شهر را برآورد نماید .

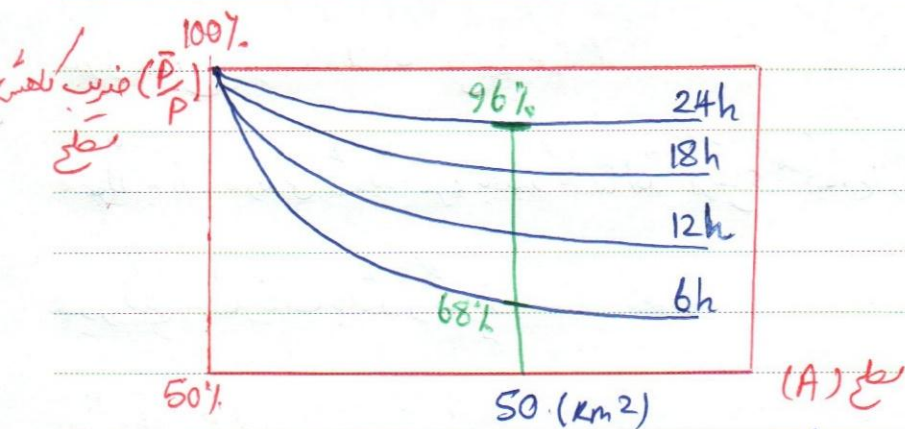
$t^* = 5.6$  (گراف مربوطه)  $\rightarrow$

$$\frac{\bar{P}}{P} = 1 - \frac{0.3 \sqrt{8}}{5.6} = 0.85$$

$$\bar{P} = 25 \times 0.85 = 21.25 \text{ mm}$$

فرض شده است مقدار بارش در کل آن ناحیه برابر مقدار گزارش شده ایستگاه است .

با توجه را بطری مورد استفاده فقط ناحیه مدت بارندگی در نظر گرفته است .



هرچه تداوم بارش کمتر باشد، ضریب کاهش مقدار شدیدتری را دارد.

در 24 ساعت زمان، متوسط بارش به صورت خود بخود متوسط گیری می شود و نیازی به کاهش ندارد و در ساعت گوناگون، روز مقدار مختلف باریده است ولی در زمان گوناگون ممکن است متوسط به زمان پربارش بارندگی بوده باشد.

حد اکثر بارش محتمل (PMP) ← probable Maximum precipitation

بزرگترین بارانی که از نظر مقدار با یک تداوم مشخص احتمال وقوع آن را می توان انتظار داشت

- روش سینتیک (هیئت تر) در محل می توان آن را برآورد کرد.

- روش آماری (ساده تر) بر اساس آمار موجود

$$PMP = \bar{P} \times K \cdot S$$

انحراف معیار داده ←  
 متوسط بارش + ساعت ←  
 ضریب ثابت (5 < K < 30) ←

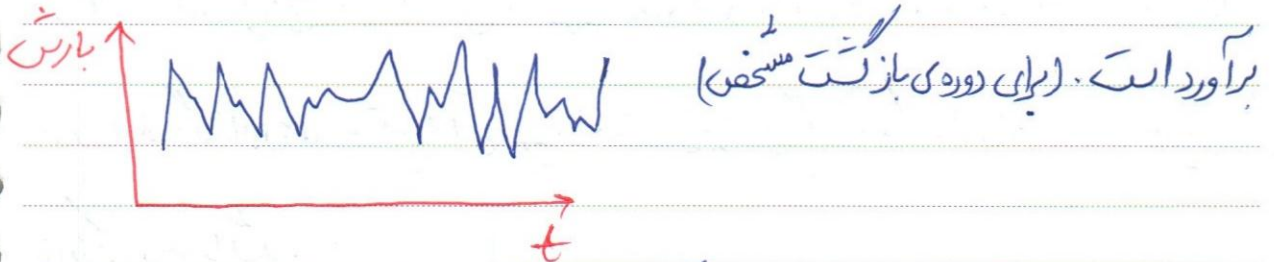


## باران طرح (Design storm)

معمولاً به یک بارندگی شدید همراه با باد که بتواند ارتفاع مشخصی از بارش را تولید نماید و برای سازه‌های هیدرولیکی خطرناک باشد را گویند.

## روش‌های محاسبه :

① روش آماری : با داشتن سری زمانی داده‌های بارندگی و براساس توزیع‌های آماری قابل



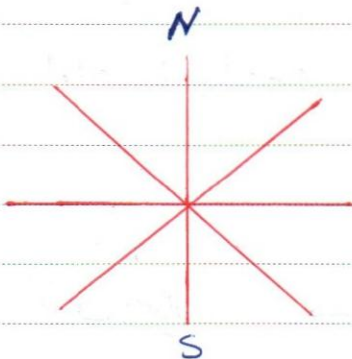
② PMP : (دسته بالاتر شدن طرح و گران تر شدن آنها)

③ استفاده از بارش‌های استاندارد : جزئیترین بارش مشاهده شده در آمار PMP (40 تا 60%)

## باد (wind) :

کمیت برداری (سرعت + جهت)

ارائه‌ی جهت مشخصات باد روی گلبارمی باشد.



روی جهت‌های آن سرعت وزش باد را نشان می‌دهند.

یکی از استفاده های مهمی که از باد می گردد در طراحی مخازن و سواحل و بنادر می باشد. ورزش باد محرک موج ( مثلث موج ) است که ممکن است عامل ایجاد بارگذاری های خاصی گردد.



واحد های مختلف برای ورزش باد استفاده می گردد مثلاً  
نات ، گرهی دریایی ، پیوفوت و ... استفاده می گردد.

$$1 \text{ not} = 1.859 \text{ Km/h}$$

یکی از نکات مهمی که در اینجا باید رعایت کنیم، ارتفاع ورزش بار و اندازه گیری آن است. ارتفاع استاندارد اندازه گیری بار 2m است ولی 0.5 ، 2 ، 4 ، 6 ، 8 ، 10 m هم

می تواند باشد.

$$\frac{V}{V_0} = \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{0.15} \rightarrow \text{دوبت داده است که} \\ \text{نسبت را به دیگری ربط می دهد}$$

رابطه تجربی ربط ارتفاع  
و سرعت باد

**جویا اتمسفر:** از نازکی مختلف تشکیل شده است ( استرین ، ستریشن ، دی استرین ، بخار آب ، ... )  
علت وجود فشار در اتمسفر وزن لایه های اتمسفر می باشد. هر کدام از این گاز های را ایجاد می کنند  
مقتل از نازکی دیگر است ، فشار مربوط به هر گاز را فشار جزئی آن گاز گویند که مجموع این فشار ها ،  
فشار هواست . ( قانون دالتون )



**رطوبت هوا (humidity):** مقدار آب موجود در هوا را گویند که به شکل بخار آب است و با آن که در صد کمی در هوا دارد ولی می تواند تأثیر مهمی در پیلان حرارتی و دیدم های مختلف جوئی داشته باشد.

\* توزیع آب در جو مستقیماً به توزیع دمای هوا رابطه دارد. در مقیاس جهانی به همین دلیل بخار آب در استوا بیشتر از قطب است.

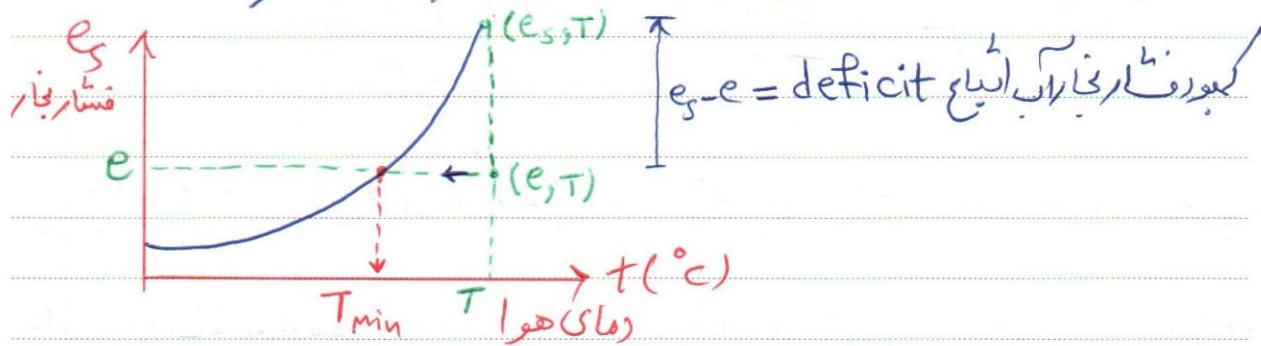
↓ بخار آب ↓ دما ⇒ ↑ ارتفاع

حد اکثر رطوبتی که هوا می تواند در خود داشته باشد را ظرفیت هوا برای پذیرش بخار آب می گویند.

ورسیدن هوا به این ظرفیت در یک دمای معین، درجه اشباع می گویند.

فشار بخار آب در شرایط اشباع را فشار بخار اشباع ( $e_s$ ) می گویند.

**فشار بخار:** جزئی از فشار هوا که مربوط به بخار آب موجود در هواست، می گویند.  $(e)$  یا  $(e_a)$



$t_d'' = t_{\text{dew point}}$  (نقطه ی تبین)

دمای نقطه ی تبین دمای است که هوا در اثر سرد شدن به حالت اشباع می رسد. که اگر بیش از

این دما هوا سرد گردد دیگر بخار آب بیشتری در هوا نمی ماند و به صورت مایع از هوا خارج می شود.

$$e_s = 0.611 \exp \left[ \frac{17.27 T}{T + 237.3} \right]$$

← فشار بخار آب اشباع (kpa) ← دمای هوا (°C)

$$1 \text{ kpa} = 10 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1.33 \text{ mbar}$$

→ (فشار بخار آب mbar)

$$p_a = \frac{P_a}{R \cdot T} \left( 1 - 0.378 \frac{e}{P_a} \right)$$

← عدد ثابت گاز (2.87 × 10<sup>3</sup>)

← فشار هوای مطلوب Pa

← درجه حرارت هوا (°K) (°C + 273)

هوای مرطوب در یک فشار ثابت از هوای خشک یک تراست و به سمت بالا می رود.

$$t_d = (112 + 0.9 T) (RH)^{0.125} + (0.1 T - 112)$$

نقطه شبنم (°C)

↓ دمای هوا (°C)

→ رطوبت نسبی

$$RH = \frac{\text{مقدار بخار آب موجود در هوا}}{\text{مقدار بخار آب اشباع در همان دما}} \times 100 = \frac{\text{فشار بخار آب اشباع}}{\text{فشار بخار آب موجود در هوا}} \times 100$$

Relative Humidity

$$= \frac{\text{فشار بخار اشباع در نقطه شبنم}}{\text{فشار بخار اشباع در دمای محلول}} \times 100$$

← فشار بخار آب

← فشار بخار آب (mbar)

$$q = 623 \left( \frac{e}{P} \right)$$

← فشار هوا (g/m<sup>3</sup>) ← رطوبت ویژه

$$\text{رطوبت مطلق} = 217 \frac{e}{T}$$

← دما (°K) (g/m<sup>3</sup>)



Subject :

Year . Month . Date . ( )

آب قابل بارش (W) : مقدار آب موجود در ستونی از هوا که ارتفاع آن از سطح زمین شروع و تا نقطه‌ای مشخص ادامه داشته باشد و امی گویم.

$$W = 0.0102 \sum \bar{q} \cdot \Delta P \quad (\text{mm})$$

اختلاف فشار بین بالایی و پایین لایه  $\rightarrow$  متوط رطوبت و تری هر لایه  $(g/g)$   
(mbar)

لفظ فوق صرفاً توصیفی از آب موجود در هوای یک محل است و هیچ وقت امکان ندارد تمام آن توط بارش نازل گردد. ولی از روی آن PMP یا حداکثر بارش محتمل را می توان تشخیص داد که حداکثر بارش هیچ وقت از آن بیشتر نمی شود.

در رابطی بالا چون نیاز به فشار و رطوبت هر لایه داریم و این کار برای ما بسیار دشوار است پس استفاده از

این رابط بسیار محدود خواهد بود.

|              |                    |                       |
|--------------|--------------------|-----------------------|
| $\Delta P_4$ | $\times \bar{q}_4$ | $h_4$                 |
| $\Delta P_3$ | $\times \bar{q}_3$ | $h_3$                 |
| $\Delta P_2$ | $\times \bar{q}_2$ | $h_2$                 |
| $\Delta P_1$ | $\times \bar{q}_1$ | $h_1 = \text{ارتفاع}$ |
|              |                    | $= 0 \text{ ارتفاع}$  |

برای هر یک از روابط باید برای لایه فشار و رطوبت را بدست

آورد که هر چه لایه نازک تر و تعداد بیشتری داشته

باشد، دقت آن نیز و دقتی تر است به راحتی باها اندازه گیری مشخصات هر لایه در رابطی فوق می توان  
سازا بدست آورد.

تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) سے علت سرهم بودن آنها این است که سبب تبخیر و تعرق به صورت جدا از هم ممکن نیست.

$E_T$  تبخیر (E) به فرایند تبدیل شدن آب مایع به بخار را گویند. در مباحث هیدرولوژی عموماً به حالت

ریح می دهند:

۱- از سطح آزاد آب (سطح دریایی، دریا، مخازن، رودخانه و ...)

۲- سطح خاک مرطوب

۳- سطح پوشش گیاهی (غالباً از برگ گیاهان) (تعرق) - مثل ترین نوع تبخیر گیاهی هیدرولوژیست

بیش تبخیر است مابین زمین و هوا را مستقیم بدست آورد و معمولاً مجهول سوالات است.

برای محاسبی مستقیم می توان از غلظت گیاهی ماهواره ای و بحث تبخیر از دور استفاده کرد.

اهمیت تبخیر:

۱- تلفات آب: مقدار آبی است که از سیستم ما در حال خارج شدن است، عموماً تلفات آب

از سطح رودخانه، دریا، مخازن و ... صورت می گیرد که مقدار آن قابل توجه و زیاد است.

و مقدار آن ۷۲٪ از کل میزان بارش است.

۲- برآورد نیازهای آبی: مثلاً باید برای تعیین ذخیره آب برای آینده میزان تبخیر آن را هم



در نظر بگیریم .

عوامل مؤثر بر تبخیر :

۱- تابش خورشید : عامل ایجاد گرما است ، در روز تبخیر بیشتر از شب است ، در تابان  
بیشتر از زمان است . در مقیاس جهانی ، طول و عرض جغرافیایی نیز دخیل است که اثرش کمی  
مختلف از میزان تابش خورشید را مشخص می کند . برای انواع مشخص کردن میزان تابش در همد ساعات  
تابش است .

۲- رطوبت نسبی : وجود رطوبت بالا در هوا است کاهش نرخ تبخیر است و برعکس و این هم در  
مقیاس محلی و هم در مقیاس جهانی تأثیر گذار است .

۳- سرعت باد : اثر مستقیم ندارد و اثر آن چایی است . باعث می شود هوای اشباع مجاور سطح آب  
با هوای تازه جایگزین گردد و در نتیجه تسهیل و تسریع فرایند تبخیر اتفاق می افتد .

۴- ترکیبات آب : شوری آب و وجود نمک در آب علت تأثیر گذار بر تبخیر است که با تبخیر ابجدی  
عکس دارد . اگر امیال نوسانی جاهای به جای آب شور ، آب شیرین بودند ۵٪ بیشتر در آنها تبخیر  
صورت می گیرد . وجود نمک در آب باعث ایجاد جاذبه ی یونی در آب و افزایش پدیده ی اسمزی در آب

است.

۵- سطح تبخیر: هر چه سطح پهنی آبی بزرگتر باشد، تبخیر بیشتری را در آنجا انجام می‌دهد.

در بحث نفوذ مواردی نظیر اقلیم، نوع پوشش گیاهی، درصد پوشش گیاهی علاوه بر موارد فوق تاثیر

گذراست و حائز اهمیت است.

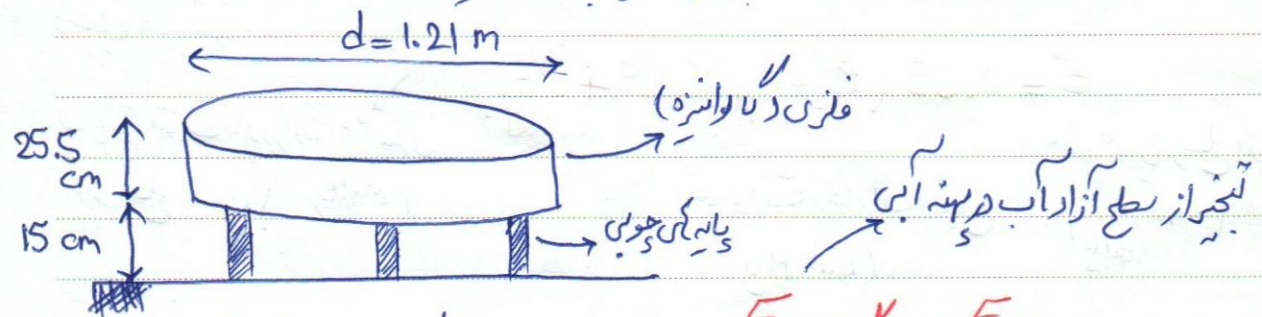
تبخیر از سطح آزاد آب

روش بیلان آب: از قانون پایستگی جرم استفاده کرده و بیان می‌کنند که مجموع ورود و خروج آب

به یک مخزن، دریاچه، حجم بسته برابر صفر است.

روش تشتک تبخیر: یک روش اندازه‌گیری واقعی است که روی سطح زمین یک تشتک قرار می‌دهند

که دارای ابعاد استاندارد می‌باشد و روی پایه‌ای چوبی قرار می‌گیرد و تشتک فلزی است.



$$E = K \cdot E_{pan}$$

تشتک استاندارد آمریکا  
کلاس A

مقدار تبخیر از تشتک  
ضریب ثابت تشتک تبخیر

| ماه | Jan | Feb | Mar  | Nov | Dec |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| K   | 0.6 | 0.7 | 0.63 | 0.6 |     |

$$0.58 < K < 0.78$$

$$K \approx 0.7$$



ضریب  $K$  معمولاً در ماههای زمستان کم است و در ماههای گرم و بایستی این عدد بزرگتر است.

## ۲. شللات تشک آمریکایی

۱- اثر سرعت باد ← بیشتر (چون بالاتر از سطح زمین است.)

۲- فزونی بودن تشک، سبب گرم شدن زیر آفتاب و گرم شدن آب و بخت بیشتر است.

انواع استاندارد دیگری از تشک های انگلیسی و روسی هم موجودند که در داخل زمین نصب می شوند و در نتیجه دقیق ترند ولی مثل آنها این است که اگر سوراخ داشته باشند و سوراخ داشته باشند مشخص نمی گردد این تشک های مقدار تبخیر را دقیق تر نشان می دهند.

$$K_{\text{تشک روسی}} = 0.78 K_{\text{تشک آمریکایی}}$$

در روابطی که میزان تبخیر را نشان می دهند، پارامتری که کمبودش را بخار آب اشباع / دما / سرعت باد

داخل هستند.

$$E = 0.35 (e_s - e_a) \left( 0.5 + \frac{V_2}{100} \right)$$

سرعت متوسط باد در ارتفاع ۲ متری  
از سطح زمین (mile/day)

کمبودش را بخار آب اشباع (mmHg)

له تبخیر از سطح آزاد (mm/day)

$$e_s - e_a = \exp \left[ \frac{16.78T - 116.9}{T + 273.3} \right] \left( 1 - \frac{RH}{100} \right)$$

رطوبت نسبی %

کمبودش را بخار آب اشباع (kPa)

(1 kPa = 7.5 mmHg)

رابطه تجربی به روش انتقال مواد

شد رابطه قبلی

-0.05

$$E = 0.291 (A)^{-0.05} (V_2) (e_s - e_a)$$

$\downarrow$  mm/day       $\downarrow$  سرعت تبخیر از سطح آب       $\downarrow$  (Mile/day)       $\downarrow$  کمبود شار بخار آب اشباع (mbar)

برای تخمین روابط دیگری نیز وجود دارد، مثل :

Meyer

USBR

Hefner

Shahin

Marciano

تخمین از سطح برف ؛ تخمین از سطح برف معمولاً از تخمین از سطح آب کمتر است.

دلایل ؛ ۱- دمای پایین محیط

۲- انعکاس شدید نور آفتاب از سطح برف

۳- رطوبت نسبی بالای مجاورت برف

رابطه تجربی به روش انتقال مواد

در مطالعات هیدرولوژی غالباً از آن صرف نظر می کنند ولی رابطه تجربی زیر برای تخمین از سطح برف

فاصله واقعی هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح برف

موجود است ؛

$$E = (0.18 + 0.098 V_2) (e_s - e_a)$$

تخمین از سطح برف

سرعت متوسط باد در ارتفاع

کمبود شار بخار آب اشباع

۱۰ متری از سطح زمین (m/s)

(mbar)



**مثال:** در یک روز آفتابی پس از بارش برف مقدار تبخیر را بر اساس داده های ایستگاه هواشناسی

برآورد کنید: (متوسط دمای روز  $= 9^{\circ}\text{C}$ )

(سرعت باد در ارتفاع استاندارد ۱۰ متری  $255 \text{ km/day}$ )  
(متوسط رطوبت نسبی منطقه  $70\%$ )

$$e_s - e_a = \exp \left[ \frac{16.78(9) - 116.9}{9 + 273.3} \right] \left( 1 - \frac{70}{100} \right) = 0.35 \text{ Kpa} = 3.5 \text{ mbar}$$

$$E = (0.18 + 0.098 \times 3)(3.5) \approx 1.6 \text{ mm/day}$$

واقعی: به مجموع تبخیر از سطح خاک و گیاه در شرایط طبیعی گوئیم.  
(این برآورد بسیار دشوار و غیر عملی است)

\* تبخیر و تعرق به ۲ صورت بخش می شود.  
پتانسیل

در شرایط ایستگاههای تحقیقاتی خاص توسط دستگاه لایسن متر (Lysimeter) قابل اندازه گیری است.

رابطه Turc (تورک) ← رابطه بسیار ساده برای بخش تبخیر و تعرق واقعی

$$ET = \frac{P}{[0.9 + \left(\frac{P}{I}\right)^2]^{0.5}} \rightarrow \text{بارندگی سالانه (mm)}$$

له تبخیر و تعرق واقعی سالانه (mm)

$$I = 300 + 25T + 0.05T^3$$

له مشخصی هوا

له متوسط دمای سالانه ( $^{\circ}\text{C}$ )

از روش های دیگر استفاده از تکنیک های بخش از دور (RS) و تصاویر ماهواره ای

→ Remote Sensing

۴۵  
- از روش های زیر به دست آوردن تبخیر و تعرق بیانی و ضرب ضرب با هم  $K$  ( $1 \leq K \leq 5$ )  
مربوط به اقلیم + پوشش گیاهی

اندازه گیری تبخیر و تعرق بیانی :

با به پیشینه تبخیر و تعرق اتفاق افتاده در یک وضعیت آب و هوایی مشخص می توانیم که محدودیت از نظر آب وجود ندارد. (معمولاً از یک پوشش گیاهی کامل مانند گیاه مرجع (چمن) صورت می گیرد)

روش تریث وایت (Thomth Waite Method)

روش های دیگری هم برای محاسبه تبخیر و تعرق بیانی موجودند مثل : لین ، لاری جانسون ، جینس ، هیت

برای هر ماه برآورد می شود.

$$ET_p = \sum_{i=1}^{12} ET_i$$

تبخیر و تعرق بیانی

ایندکس حرارتی  $T_m$  را برای هر ماه محاسبه می کنیم :

1.51 (میانگین دمای متوسط ماه  $^{\circ}C$ )

$$I_m = \left( \frac{T_m}{5} \right)^{1.51}$$

نکته : اگر  $T_m$  یا متوسط دمای یک ماه در یک منطقه زیر صفر باشد ،  $I_m = 0$  فرض می کنیم.

$$I = \sum_{m=1}^{12} I_m$$

ایندکس حرارتی سالانه منطقه

ایندکس حرارتی ماهانه



$$a = (6.75 \times 10^{-7}) I^3 - (7.71 \times 10^{-5}) I^2 + (1.792 \times 10^{-2}) I + 0.492$$

$$ET_p = 16 N_m \left( \frac{10 T_m}{I} \right)^a$$

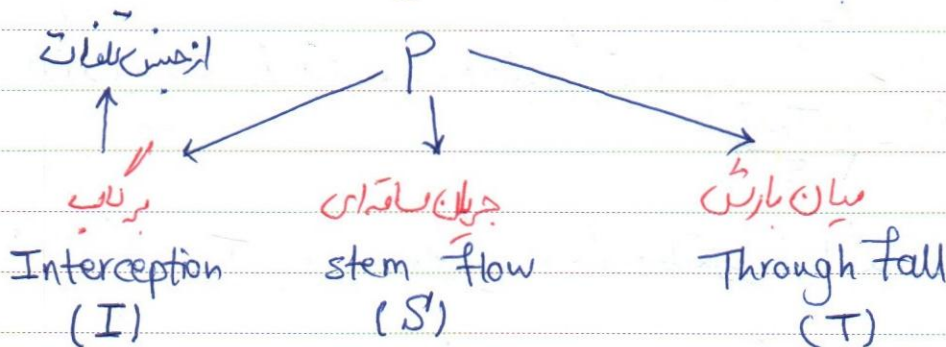
برای هر ماه

برای ضریب اصلاحی برای ۱۲ ساعت روزانه و روزانه و ماههای ۳۰ روزه برابر یک است.

| هر روز | Jan  | Feb | ... | Nov | Dec |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|
| 0°     | 1.04 |     |     |     |     |
| 10°    | 1.00 |     |     |     |     |
| 20°    | 0.95 |     |     |     |     |
| ⋮      | ⋮    |     |     |     |     |
| ⋮      | 0.4  |     |     |     |     |

برایاب یا گریز (Interception)

به آن بخش از بارش که توسط پوشش گیاهی گرفته می شود، می گویند.



میان بارش: آن قسمتی از بارندگی که بدون مانع از میان درختان و گیاهان (فضای خالی)

وارد زمین می شود

جریان ساقه ای: به میزان آبی که به صورت جریان از شاخ و برگ ساقه گی گیاهان به زمین می رسد را می گویند

$$I = P - (S + T)$$

با باران نیچ زیر پوشش گیاهی می خیزد

با کاهش آبی مثل زمین های مخصوص زود تنه می درختان اندازه می گیرند.

توسط باران نیچ بالای پوشش گیاهی می خیزد

در بحث برآب عوامل زیر اهمیت دارد:

۱- نوع پوشش گیاهی

۲- سطح برگ درختان

۳- طرز قرار گیری برگ

$$\text{نسبت سطح واقعی گیاه به سطح افقی گیاه} = \frac{\text{نسبت سطح واقعی گیاه به سطح افقی}}{\text{نسبت سطح واقعی گیاه به سطح افقی}}$$

مقدار بارش mm  
ضریب چتر گیاه  
ظرفیت برگ (ذخیره برآبی) (mm)

$$I = (S + CEt)(1 - e^{-Kp})$$

$$K = \frac{1}{S + CEt}$$

برآب mm  
شدت تبخیر ( $\frac{mm}{hr}$ )  
مدت بارش (hr)

مثال: نسبت میزان تلفات به بارش را در شرایط زیر تعیین کنید:

$$P = 5 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ hr}$$

$$E = 0.025 \text{ mm/hr}$$

$$C = 1.0$$

$$S = 2 \text{ mm (بسته زار)}$$

$$S + CEt = 2 + 1.0 \times 0.025 \times 10 = 2.27 \text{ mm}$$

$$K = \frac{1}{2.27} = 0.44 \text{ mm}^{-1}$$

$$\frac{I}{P} = \frac{2 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 40\% \leftarrow I = 2.27 \times (1 - e^{-0.44 \times 5}) = 2 \text{ mm}$$

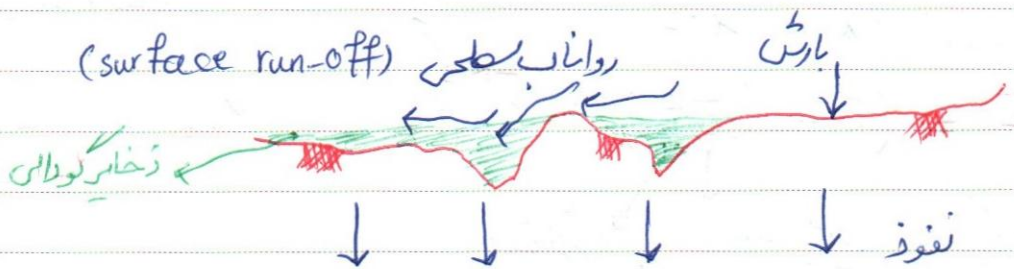
تلفات



به جز ضرب باران گریش شاخص دیگری به نام برف گریش موجود است که تصقیات نشان می دهد که در همان بزرگ های نوزنی شکل می تواند تا ۵۰٪ از بارش برف را در خود ذخیره و باعث همرفت بارش برف گردد.

## نفوذ (Infiltration)

بخشی از بارش که پس از رسیدن به سطح زمین به داخل خاک می رود، گویند.   
 به نفوذ خود ادامه می دهد و در احواق به آب زیرزمین می پیوندد.   
 (percolation)   
 آب نفوذ کرده   
 مرطوب کردن خاک (به بجنه / هرق)



سَدت نفوذ / سرعت نفوذ = به ارتفاع آبی گفته می شود که در صورت وجود آب در واحد زمان می تواند به داخل خاک نفوذ کند.

\* اگر شدت بارندگی از شدت نفوذ بیشتر باشد، رواناب ایجاد می شود. (جاری می شود)

البته قبل از جاری شدن ابتدا ذخایر گودالی هم پر می شود. بخش کمی گودالی فروزقیگی کمی سطح

از جمله علل اصلی نفوذ آب در داخل خاک ۱- نیرو گرانش (وزن) ۲- شیب زمین می باشد.

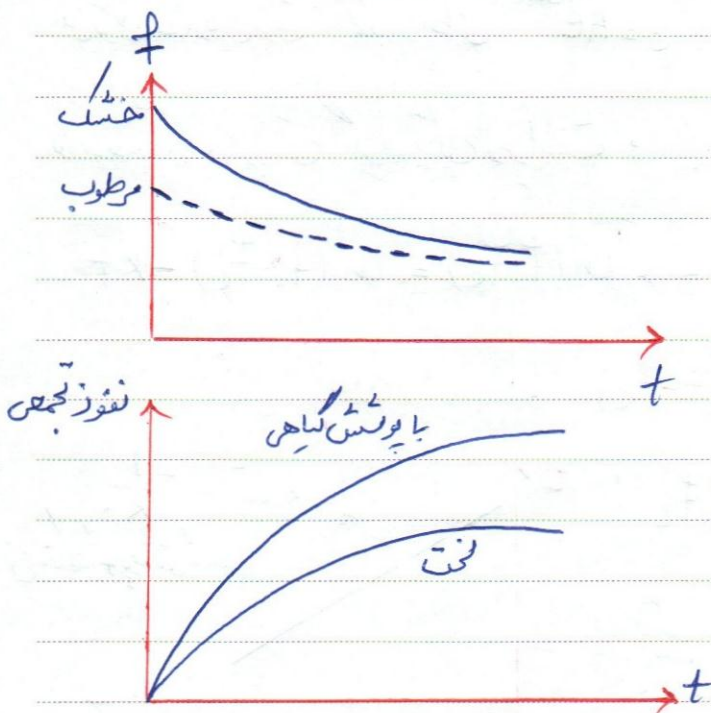


۱- یافت و انتخاب خاک

۲- یوں لکھی

۳- ٹیپ زمیں

۴- درصد رطوبت اولیه خاک





## معادلات نفوذ

۱- هورتون (Horton)

۲- SCS (US soil conservation services)

۳- گرین-امپت (Green-Ampt) ۱۹۱۱

## معادله هورتون

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

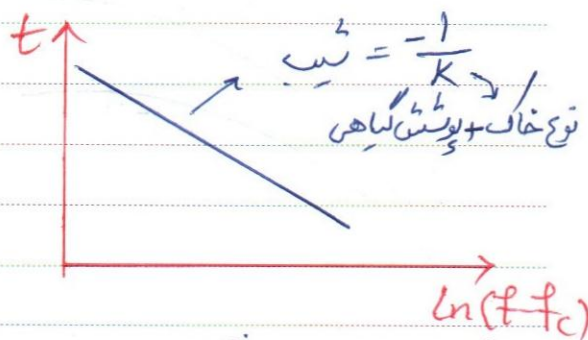
می توان معادله فوق به کمک رابطه  $y = Ae^{Bx}$  با نرم افزار Excel بازنویس کرد

بسته آورد. روش دیگر به شکل زیر است و

$$f - f_c = (f_0 - f_c)e^{-kt} \rightarrow \ln(f - f_c) = \ln(f_0 - f_c) - kt$$

زمان  $(t)$  و  $\ln(f - f_c) \leftarrow$  خطی

$f_c$  و  $f_0$  : نوع خاک + نوع و تراکم پوشش گیاهی  
 $\downarrow$   
 شیب زمین + در صد رطوبت اولیه خاک و شدت بارندگی  
 هم وابسته است.



زمانیکه نمی توان به دلایل مختلف میزان  $k$  و  $f_c$  را اندازه گیری کرد، می توان به مراجعی مراجعه کرد

Subject:

Year:      Month:      Date: ( )

و این اعداد را به طور توصیفی از نوع خاک در این جدول خواند و بدست آورد.

| $t$ | سرعت نفوذ |
|-----|-----------|
| 0   | 100       |
| 15  | 40        |
| 20  | 85        |
| 25  | 81        |
| 30  | 78        |
| ⋮   | ⋮         |
| 40  | 30        |
| 45  | 24        |
| 50  | 28.8      |
| 60  | 28.8      |

$\rightarrow f_0$

برای بدست آوردن حجم آب نفوذ کرده هم می توان از نمودار موجود

استدلال رفت.

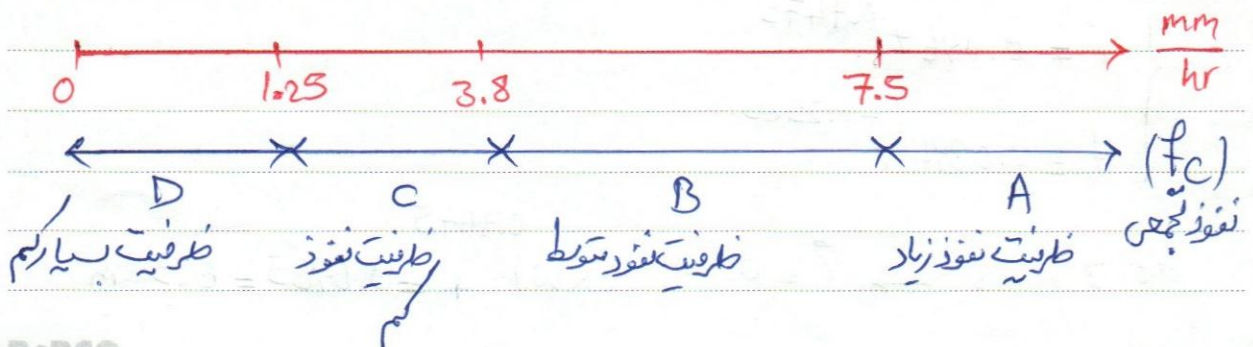
به یک عدد میل کرده است پس  $f_c$  است.

معادله SCS

مقدار نفوذ پنجمی از شروع نفوذ (cm)  $i = at^b + 0.6985$

ضرایب مربوط به نوع خاک زمان از شروع نفوذ (min)

سرعت نفوذ  $f = abt^{b-1}$

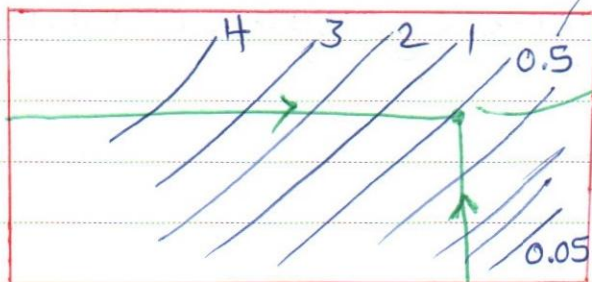




Subject:

Year:

Month: Date: ( )



نمودار نفوذ  
(in)

زمان (min)

شماره منحنی  
curve number (CN)

شماره منحنی وابسته جدول مربوطه می‌بریم

| b | a | CN   |
|---|---|------|
| - | - | 0.05 |
|   |   | 0.10 |
|   |   | 0.2  |
|   |   | 0.3  |

مثال: در یک خاک پس از آرمایش به روش SCS شماره منحنی 0.5 بدست آمده است، محاسبه نفوذ

بیمعی و سرعت نفوذ را بدست آورید. اگر بارندگی به مدت 3 ساعت روی این خاک اتفاق افتاد و شدت آن بیش

از سرعت نفوذ باشد، در این مدت چه مقدار آب در خاک نفوذ می‌کند، سرعت نفوذ در انتهای بارندگی چه قدر است

خاک این حوضه در چه کلاسی است؟

$$CN = 0.5 \xrightarrow{\text{جدول}} \begin{cases} a = 0.1196 \\ b = 0.7475 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i = 0.1196 t^{0.7475} \\ f = 0.0894 t^{-0.2525} \end{cases}$$

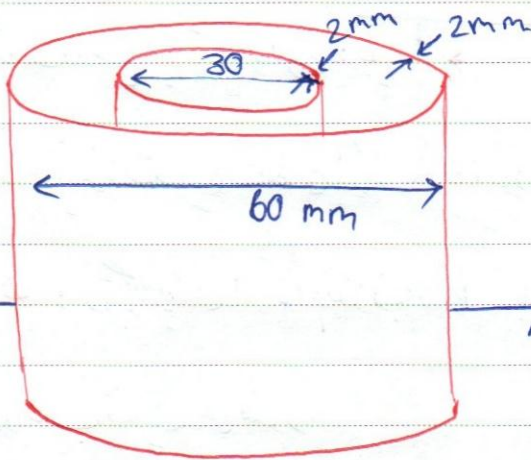
$$\text{at 3 hours} \rightarrow i = 0.1196 (3 \times 60)^{0.7475} + 0.6985 = 6.5 \text{ cm}$$

$$f = 0.0894 (3 \times 60)^{-0.2525} = 0.0241 \text{ cm/min} = 14.4 \text{ mm/hr}$$

← خاک در کلاس A قرار دارد

$$\text{میزان نفوذ در خاک} \leftarrow \text{غایت نهایی} = 0.5 \frac{\text{in}}{\text{hr}} = 12.5 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

برای اندازه گیری میزان نفوذ خاک در آزمایشگاه از وسیله ای به شکل زیر استفاده می گردد.



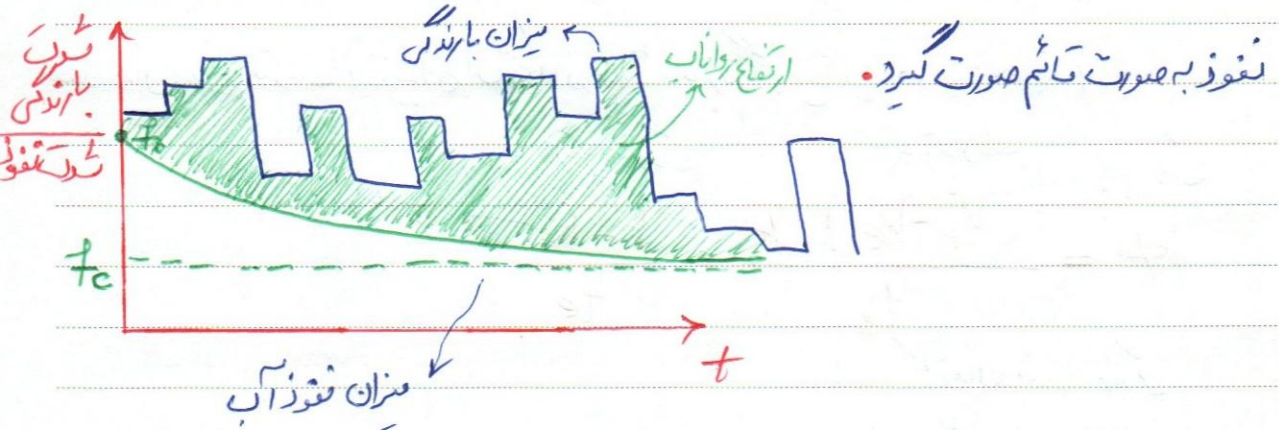
رواستوانه ای تودرتو دارای ضخامت جداره ی

2 mm و قطرهای 30 و 60 mm را به اندازه ی

10 cm در خاک فرو می کنند و داخل

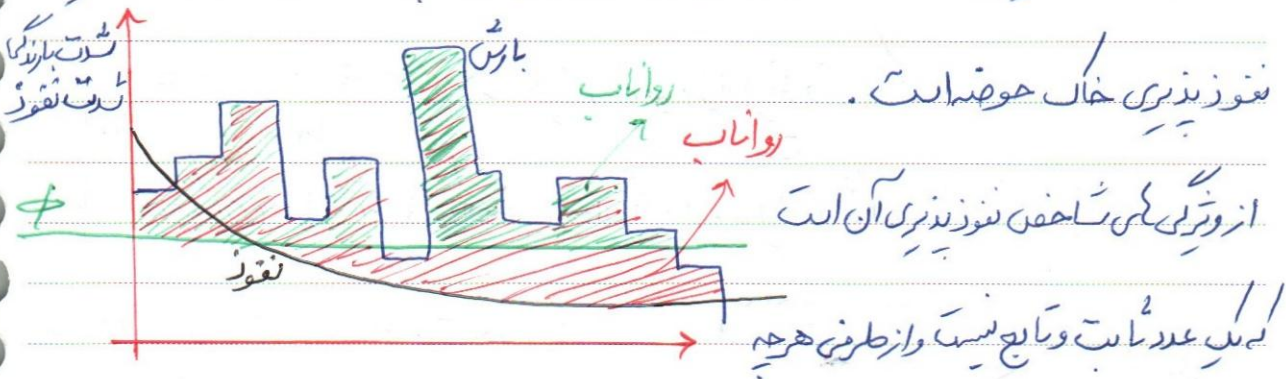
استوانه را با آب پر می کنند.

میزان نفوذ بر حسب زمان را به کمک آنها بدست می آورند. علت استفاده از استوانه ی سیرونی آنست که





**شخص نفوذ :** معیاری است که مقدار آن در طول مدت بارندگی ثابت است و نشان دهنده میزان نفوذ پذیری خاک حوضه است.



از ویژگی‌های شخص نفوذ پذیری آن است که عدد ثابت و تابع نیست و از طرفی هر چه میزان نفوذ بیشتر باشد این شخص بزرگتر خواهد بود.

**شخص  $\phi$  :** مقدار متوسط تلفات آب در طول بارندگی است که بالاتر از این مقدار، تمام بارندگی اضافه به رواناب تبدیل می‌شود.

\* شخص  $\phi$  در برگزیده اثرات توأم نفوذ، رواناب و ذخیره گودالی سطح هم است و در نتیجه

مقدار آن برابر متوسط تغذیه ای است که در مدت بارندگی رخ می‌دهد. (در حوضه)

$$\phi = \frac{(V_p - V_r) / A}{t_e} = \frac{P - R}{t_e}$$

↑ **ارتفاع بارندگی**
↑ **ارتفاع رواناب**

↑ **حجم رواناب**
↑ **حجم بارش**

↑ **زمان مؤثر بارندگی**
↑ **(hr)**

↑ **(Effective time)**

مثال ۱ در یک حوضه به مساحت  $375 \text{ km}^2$  مقدار بارندگی به شرح ذیل بوده است، اگر ارتفاع

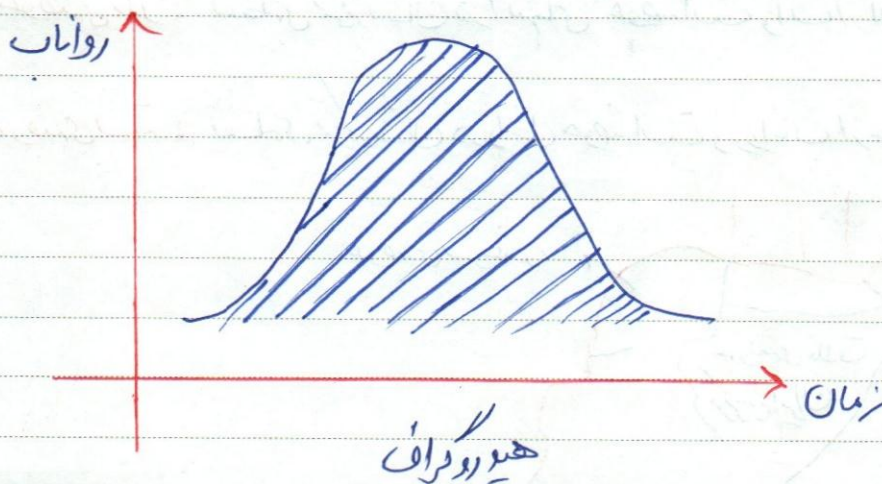
رواناب حاصل  $35.8 \text{ mm}$  باشد شاخص  $\phi$  را برآورد نمایید.

| ارتفاع بارندگی (mm) | ساعت  | رواناب محاسبه ای $\phi = 13.6$ | رواناب محاسبه ای $\phi = 14.6$ اصلاح شده |
|---------------------|-------|--------------------------------|------------------------------------------|
| 10.2                | 9-10  | <del>10.2 - 13.6</del> 0       | 1                                        |
| 15                  | 10-11 | 15 - 13.6                      | 1                                        |
| 36.8                | 11-12 | 36.8 - 13.6                    | 1                                        |
| 16                  | 12-13 | 16 - 13.6                      | 1                                        |
| 26                  | 13-14 | 26 - 13.6                      | 1                                        |
| 15                  | 14-15 | 15 - 13.6                      | 1                                        |
| 119                 | جمع   | $R = 40.8$                     | $R = 35.8$                               |

$$\phi = \frac{P - R}{t_e} = \frac{119 - 35.8}{6} = 13.6 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

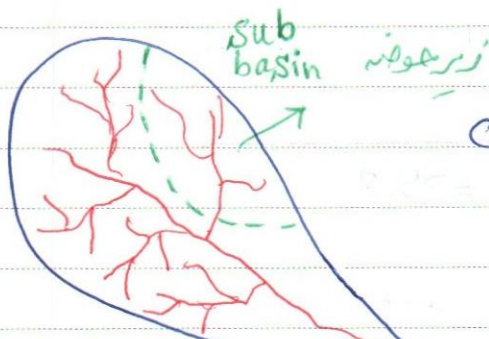
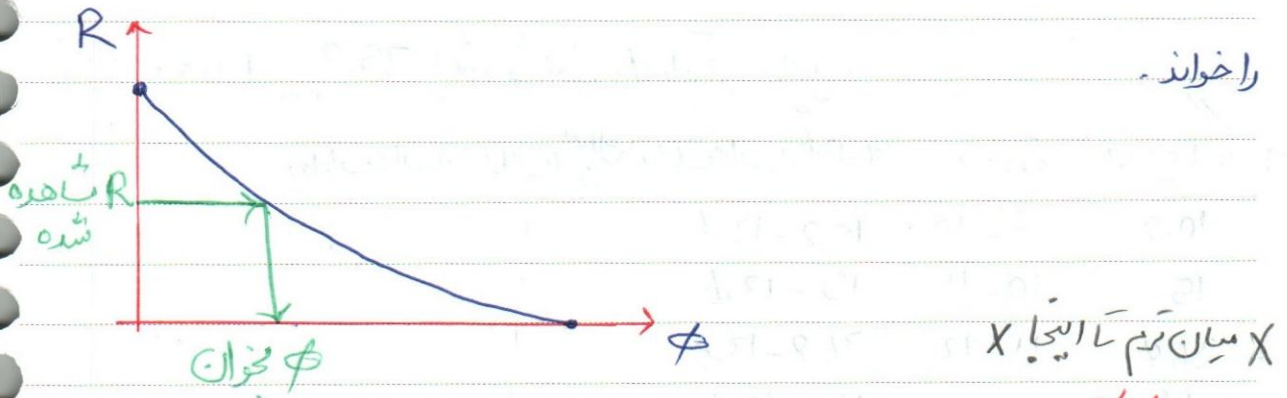
یعنی بارندگی مؤثر در طول 6 ساعت بارندگی

اما باید مطمئن شویم فرض زمان مؤثر درست بوده است یا نه، اگر درست نبود باید  $\phi$  را اصلاح کرد





به جرّاه حل جدول صغری قبلی می توان نمودار  $(R-\phi)$  را رسم کرد و از روی آن  $R$  مدّظر را خواند.



Catchment , watershed , Basin

اتلسی

آبرسانی

فرمانه  
اتلسی

Concentration  
point

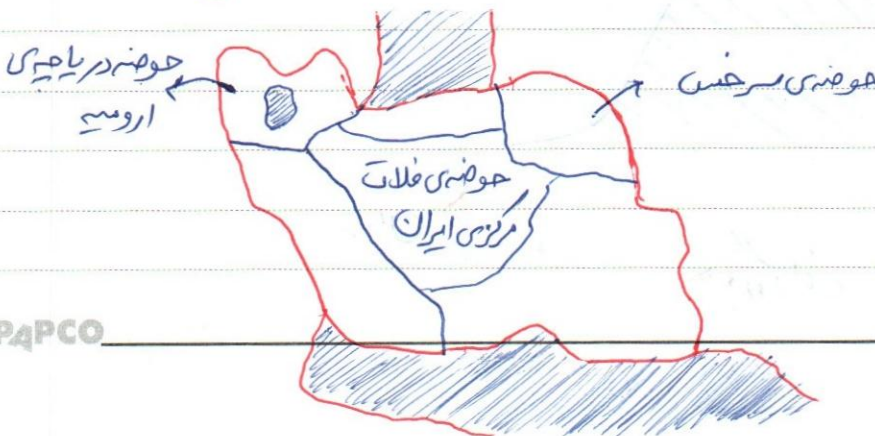
نقطه ی تمرکز

حوضه ای است از زمین که اطراف آن ارتفاعات و رواناب حاصل از بارندگی از گودترین نقطه ی آن، (نقطه ی تمرکز) خارج می شود.

من باید

**حوضه ی باز:** نقطه ی تمرکزشان در انتهای حوضه است و آب از آن نقطه به خارج از حوضه جریان می یابد.

**حوضه ی بسته:** نقطه ی تمرکزشان در داخل حوضه است و رواناب از حوضه خارج نمی شود.



(Km) طول آبراه

$$\mu = \frac{\sum L_i}{A} \rightarrow \text{cm}^2$$

تراکم حوضه  
Density  
مساحت حوضه

ردہ (order)  
انشعاب (Bifurcation)

خصوصیات فزیکلی حوضه

- توپوگرافی منطقه  
→ سطح حوضه  
→ شیب حوضه  
→ اقلوی آبراهہ کی حوضه

- خصوصیات خاک منطقه

- خصوصیات ہیدرولوجیکل حوضه
- ① فزیکلی کی هندسی
  - ② فزیکلی کی خاک
  - ③ پوشش گیاهی
  - ④ تھلائیات سطحی و زیر زمینی آب
  - ⑤ زمین شناسی
  - ⑥ آب و ہوا و اقلیم
  - ⑦ ریل و فزیکل
  - ⑧ عوامل انسانی

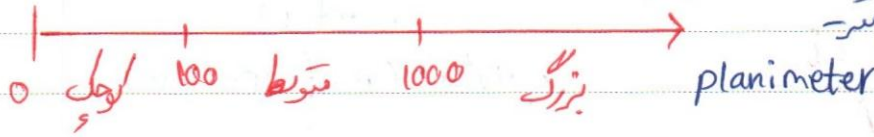
فزیکلی کی هندسی → فزیکلی کی ظاہری کہ عموماً ثابت ہوتی ہے۔ از قبیل : مساحت - محیط

طول آبراهہ اصلی - شکل حوضہ - عرض متوط حوضہ - شیب حوضہ - ارتفاع حوضہ - نمودار کی

آلاتی قشری و ہیسو قشری - سطحی معادل - زمانہ تکرار

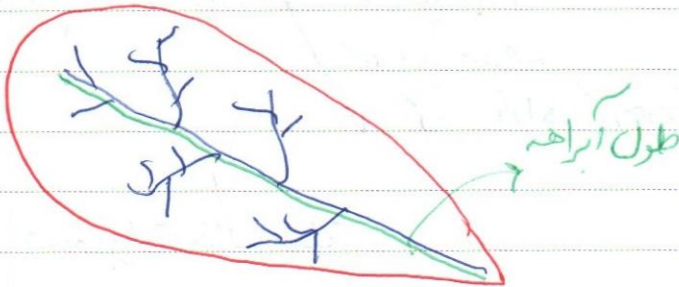


(A)

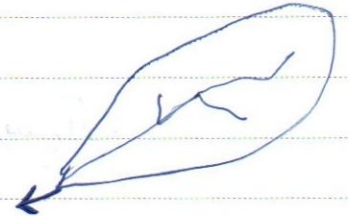
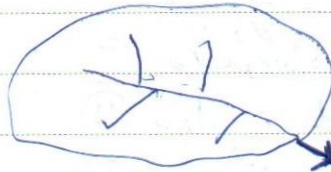
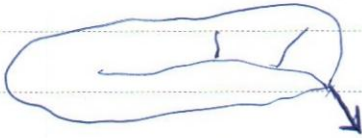
 $\text{km}^2$ مساحت حوضه ( $\text{km}^2$ ) - پلانن متر -محیط حوضه ( $\text{km}$ ) : طول خط تقسیم آب - منحنی متر Curvimeter

طول آب رانه حوضه : به طول مسیر آب رانه اصلی از نقطه خروج تا دورترین قله روی خط تقسیم

آب (محیط حوضه) می گویند -



شکل حوضه : (بسیار حائز اهمیت - به خصوص از نظر هیدروگراف)



عامل شکل حوضه Shape factor

$$SF = \frac{L^2}{A} \rightarrow \begin{array}{l} \text{طول آب رانه حوضه (km)} \\ \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)} \end{array}$$

عامل منحنی حوضه Form factor

$$FF = \frac{A}{L^2} = \frac{1}{SF}$$

(هورن) (Horn)

ضریب فشردگی  
Compactness Coef.

$$C = \frac{P}{P'} = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

ضریب گراویلیوس

(Gravelius Coef)

نسبت محیط حوضه به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوضه است.

معمولاً برای حوضه  $1.5 < C < 2.5$

حوضه‌ی غیر دایره‌ای  $C > 1$

حوضه‌ی دایره‌ای  $C = 1$

نسبت دایره‌ای  
(Circular)

$$R_c = \frac{A}{A'} = 12.57 \frac{A}{P^2} = \frac{1}{C^2}$$

نسبت مساحت حوضه به مساحت دایره‌ای که محیط آن برابر محیط دایره است.

ضریب گراویلیوس  $R_c = \frac{1}{C^2}$  نسبت دایره‌ای

نسبت کشیدگی  
(Elongation ratio)

نسبت قطر دایره فرضی هم مساحت حوضه به طول حوضه  
 $R_e = \frac{2}{L_m} \left( \frac{A}{\pi} \right)^{0.5}$   
طول حوضه در جهت موازی طولانی‌ترین آبراه حوضه

مستطیل معادل : مستطیل فرضی گوئیم که محیط آن، محیط حوضه و مساحت آن، مساحت حوضه

$$L = \frac{C\sqrt{A} + \sqrt{C^2A - 1.02544A}}{1.02}$$

می باشد

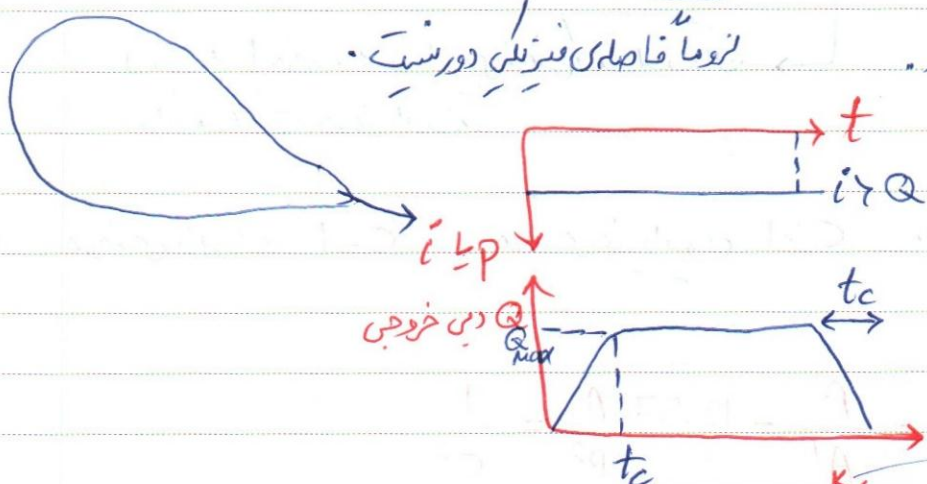
P4PCO عرض  $B = \frac{C\sqrt{A} - \sqrt{C^2A - 1.02544A}}{1.02}$



زمان تمرکز (concentration time)

حد اکثر زمان که طول می کشد تا آب از دورترین نقطه حوضه سد هیدرولوژیکی خود را طی کرده

و به نقطه خروجی برسد.   
 نمودار فاصله و سرعت در مسیر دور شیب



Izzard (1944) 
$$t_c = \frac{(0.024 i^{0.33} + 878 i^{0.67}) L^{0.67}}{(CH^{0.5})^{0.67}}$$

$t_c$  (hr) ← ضریب رواناب (جدول)  
 $i$  (m) ← اختلاف ارتفاع دو آبراه (m)  
 $L$  (km) ← طول آبراه اصلی (km)  
 $C$  (mm/hr) ← شیب بارش (mm/hr)

Kerby (1959) 
$$t_c = 3.03 \left( \frac{r \cdot L^{1.5}}{H^{0.5}} \right)^{0.467}$$

$t_c$  (hr) ← ضریب بطع (جدول دارد)  
 $r$  (km) ← اختلاف ارتفاع دو آبراه (m)  
 $L$  (km) ← طول آبراه اصلی (km)  
 $H$  (mm/hr) ← شیب بارش (mm/hr)

Bransby-Williams 
$$t_c = \frac{0.96 L^{1.2}}{H^{0.2} A^{0.1}}$$

$t_c$  (hr) ← ضریب رواناب (جدول)  
 $L$  (km) ← طول آبراه اصلی (km)  
 $H$  (mm/hr) ← شیب بارش (mm/hr)  
 $A$  (km<sup>2</sup>) ← سطح حوضه (km<sup>2</sup>)

US 
$$t_c = \frac{3.64 (1.1 - C) L^{0.83}}{H^{0.33}}$$
 (Izzard)

$t_c$  (hr) ← ضریب رواناب (جدول)  
 $L$  (km) ← طول آبراه اصلی (km)  
 $H$  (mm/hr) ← شیب بارش (mm/hr)

Kirpich  
(1940)

$$t_c = 0.449 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

km  
m

\* روابط قریبی برائے حوضہ کی کوچکی میں باشندہ

SCS method (برائے حوضہ کی بزرگی)

از زمان تاخیر (Lag-Time) استفادہ کی سیم، فاصلہ کی زمانی برتری بارش (زمان و طبارش)

طول آبراهہ اصلی (ft)

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8} (S+1)^{0.7}}{1900 y^{0.5}}$$

تا زمان اوج ہیدروگراف

شخص نگاہ  
آب در حوضہ (in)

$$T_c = 1.67 T_{lag}$$

hr

(مربوط شیب آبراهہ اصلی)

مربوط شیب حوضہ (%)

| CN    | A | B | C | D |
|-------|---|---|---|---|
| توضیح | - | - | - | - |
| -     | - | - | - | - |

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

تعدادی منحنی (curve number)

$$\overline{CN} = \frac{\sum (CN_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

→ CN برائے ظرفیت  
رطوبتی اصلاح میں گردش

Schwab Method (رابطہ شواب)

$$t_c = \frac{L^{0.8} \left[ \frac{1000}{CN} - 9 \right]^{0.7}}{4470 S^{0.5}}$$

hr

شیب  $\left( \frac{m}{m} \right)$



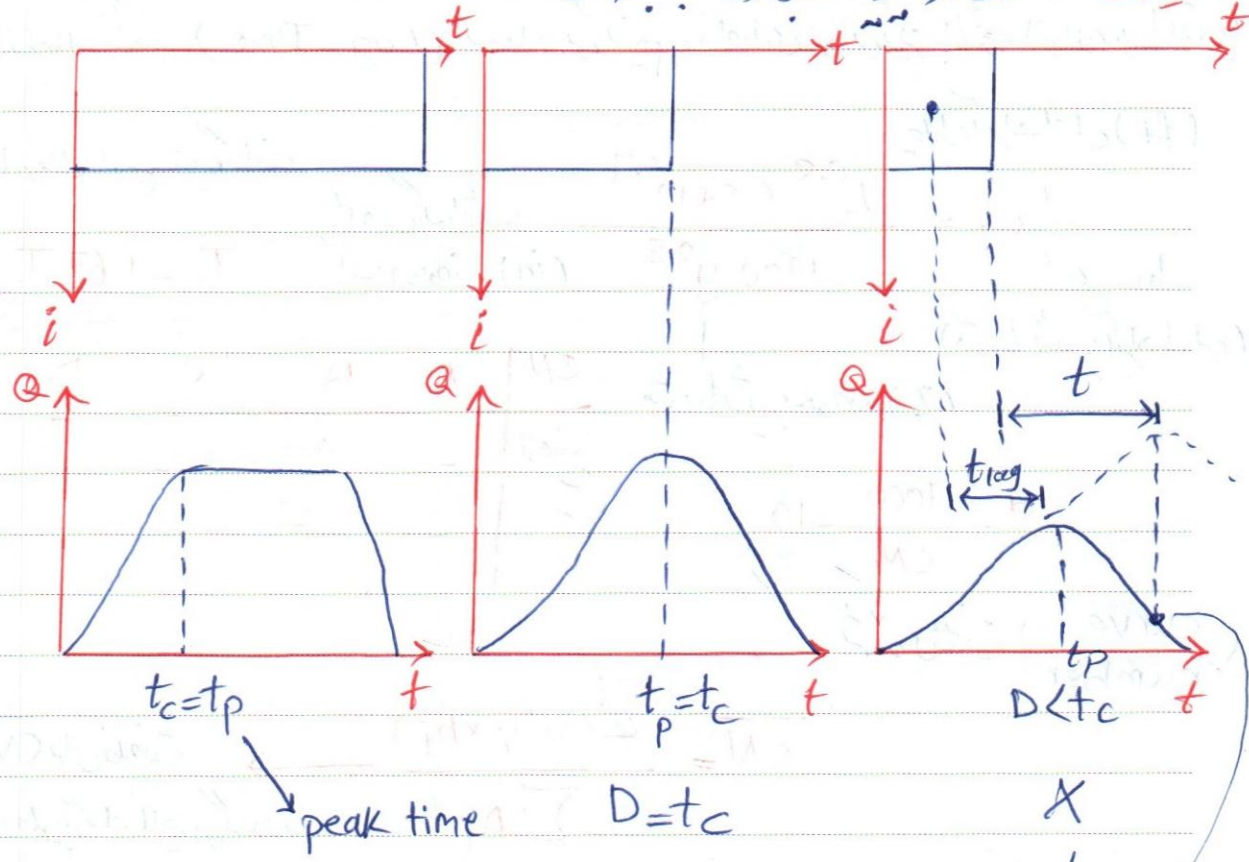
روش SCS

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \rightarrow C = \frac{R}{P}$$

ارتفاع رواناب (in)  $\rightarrow$   $P$   
 ارتفاع بارندگی  $\rightarrow$   $S$   
 کاهش نگهداشت حوضه (in)  $\rightarrow$   $0.2S$

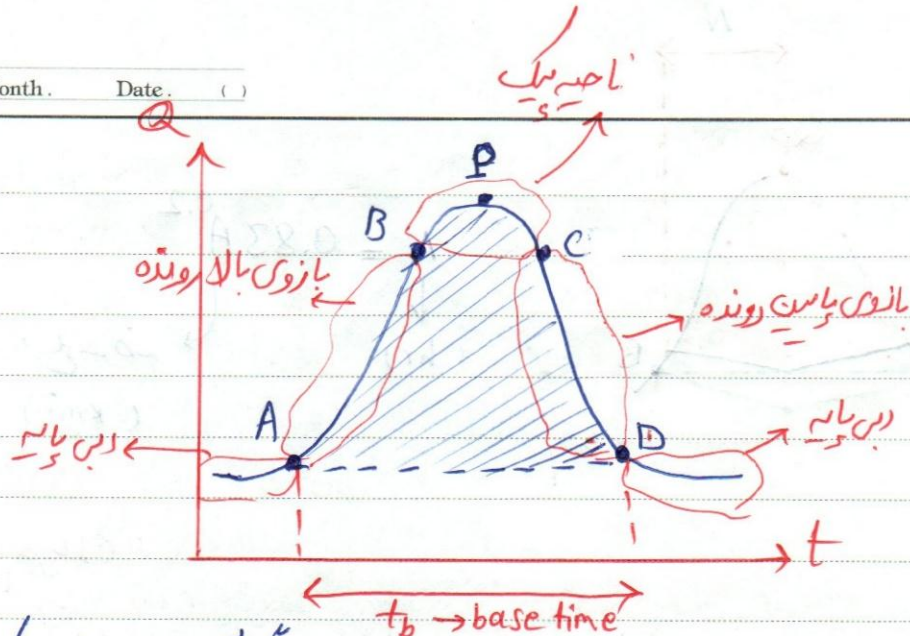
ضریب رواناب

هیدروگراف: نمودار تغییرات دبی رواناب با زمان



نقطه این نقطه از نظر زمانی نقطه‌ای عطف نمودار باشد. آنجا که بارش تا نقطه عطف زمان کمتر است و از زمان و با بارش تا نقطه‌ای اوج دبی مقدار lag در نمودار است.

time

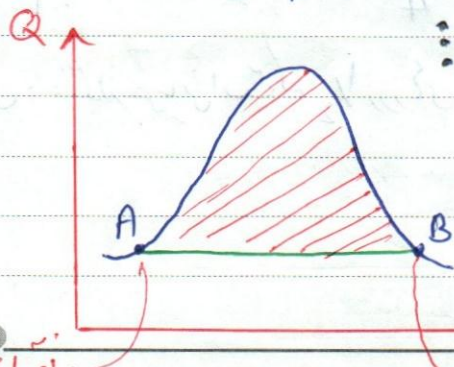


بازوی پایین رونده، بین تراز بازوی بالا رونده است. معمولاً قسمت پایینی در نمودار که افقی و Flat می شود تقریباً پایه است و سطح زیر نمودار در بالای پایه برابر حجم سیل است.

مجزا کردن پایه هیدروگراف

در حالتی که یک رودخانه خشک باشد و در اثر باران سیل در رودخانه ایجاد گردد، در این حالت پایه پایه ی رودخانه صفر خواهد بود.

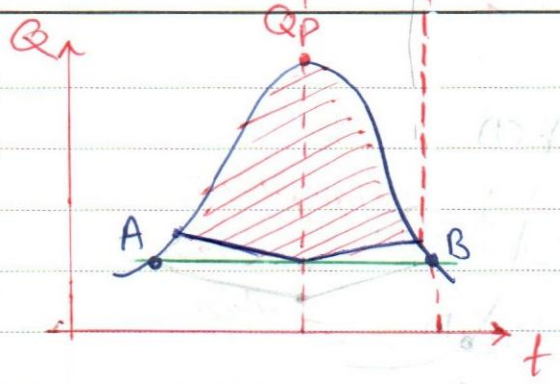
- ۱- پایه قبلی رودخانه
- ۲- ذوب برف
- ۳- تغذیه از آب زیر زمینی
- ⋮





Subject:

Year. Month. Date. ( )



$$N = 0.83 A^{0.2}$$

(hr)

سطح حوضه  
(km<sup>2</sup>)

منحنی تداوم جریان :

برای تعیین دبی شاخص در برنامه ریزی های بهره برداری از آب رودخانه جهت استفاده شرب یا احداث سد انحرافی برای کشاورزی استفاده می شود.



\* رسم نزولی مرتب شده دبی متوسط رودخانه برای یک سال

هر یک از نقاط نشان داده شده در شکل تعداد روزایی از سال

است که دبی مساوی یا بیشتر از آن روز است.

دبی نرمال پیرا آب : مقدار جریان است که ۱/۴ روزهای سال (۹۱ روز) دبی مساوی یا بیشتر از آن است

دبی نرمال کم آب : مقدار جریان است که ۳/۴ روزهای سال (۲۷۴ روز) دبی مساوی یا بیشتر از آن است

دبی نرمال : مقدار جریان است که ۱/۲ روزهای سال (۱۸۲ روز) دبی مساوی یا بیشتر از آن است.

## هیدروگراف واحد (UH) unit hydrograph

هیدروگرافی است که ارتفاع رواناب در آن به اندازه واحد باشد (یا تبدیل شود) و توسط (Sherman 1932) برای تحلیل هیدروگراف های طرح پیشنهاد شده است.

\* با داشتن دبی رودخانه و دبی پایه می توانیم دبی رواناب را تعیین کنیم و با تقسیم آن به سطح حوضه

| ارتفاع رواناب را بدست آوریم |            |            |             |      |
|-----------------------------|------------|------------|-------------|------|
| هیدروگراف                   | دبی رواناب | جریان پایه | دبی رودخانه | زمان |
| ستون قبل                    | تفاضل دو   |            |             |      |
| ارتفاع رواناب               | ستون قبل   |            |             |      |
| X                           |            |            |             | X    |

(مثال) باران به مدت یک ساعت روی حوضه ای به صورت یکنواخت باریده و هم زمان جریان رودخانه

اندازه گیری شده است. با فرض اینکه ارتفاع مستقیم حاصل از این بارش 14 mm باشد، هیدروگراف

واحد یک ساعته ای این بارش را بدست آورید. ( اطلاعات جدول و نمودار مربوط به سوال در

صفحه ی بعد بیان شده است )

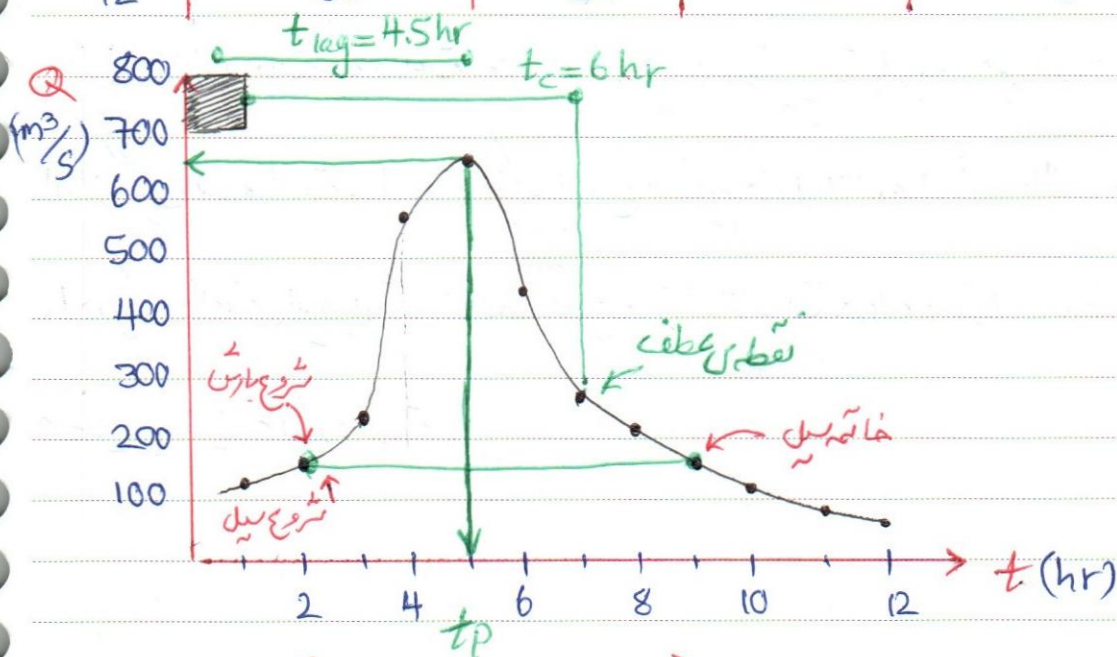


Subject :

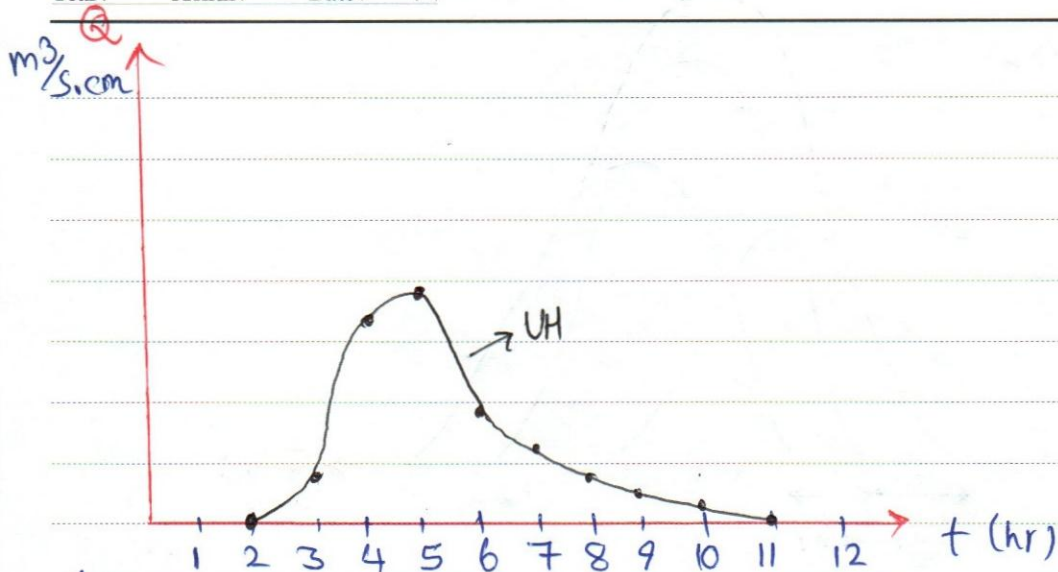
Year . Month . Date . ( )

| زمان (hr) | دبی رودخانه $m^3/s$ | دبی پایه $m^3/s$ | دبی رواناب سقیم | دبی هیدروگراف واحد |
|-----------|---------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| 1         | 110                 | 110              | 0               | 0                  |
| 2         | 122                 | 122              | 0               | 0                  |
| 3         | 230                 | 120              | 110             | 78.7               |
| 4         | 578                 | 118              | 460             | 328                |
| 5         | 645                 | 115              | 530             | 379                |
| 6         | 434                 | 114              | 320             | 229                |
| 7         | 293                 | 113              | 180             | 129                |
| 8         | 202                 | 112              | 90              | 64.2               |
| 9         | 160                 | 110              | 50              | 35.7               |
| 10        | 117                 | 105              | 12              | 8.6                |
| 11        | 90                  | 90               | 0               | 0                  |
| 12        | 80                  | 80               | 0               | 0                  |

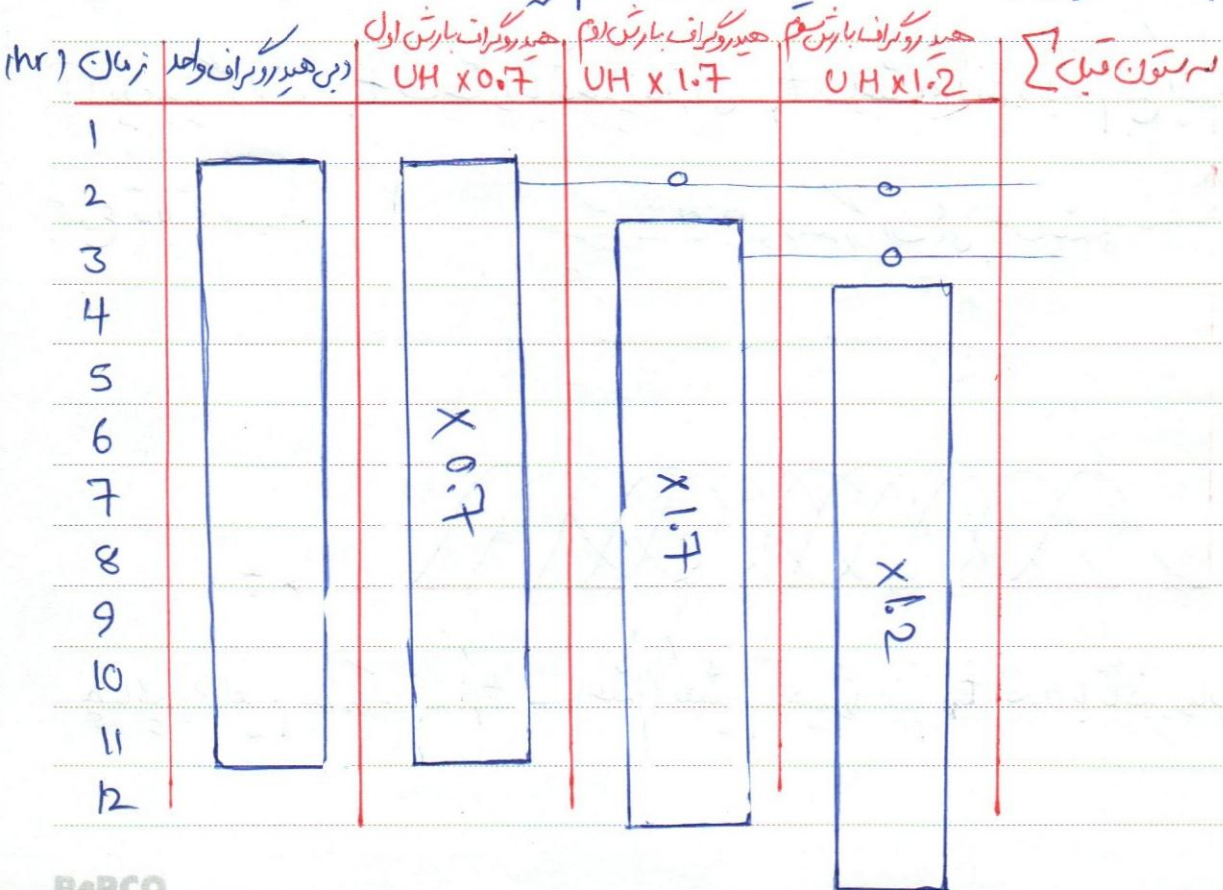
بازه ای که  
برای VH  
رسم می کردند



زمان فروزش کردن بیل از  $t_p$  تا زمان خاتمه می باشد.  $t_b$  تا اوم بیل

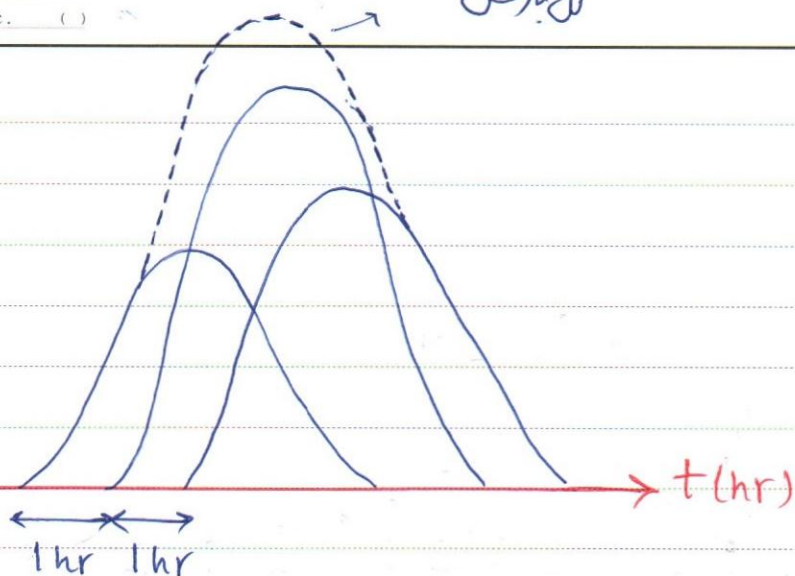


فرض کنید در همین حوضه ۳ بارش متوالی که ارتفاع های بارش ۰.۷، ۱.۷، ۱.۲ را ایجاد کنند  
 رخ بدهد. هیدروگراف های این ۳ بارش را رسم کنید.





$Q$   
( $m^3/s$ )



تغییر مدت هیدروگراف

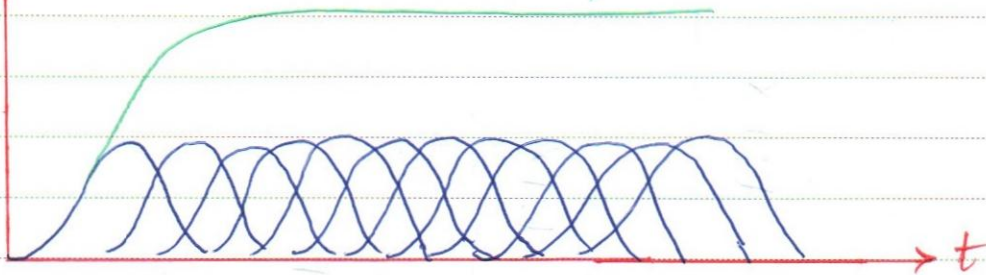
بر اثر روش هیدروگراف که استفاده می شود.

① یک هیدروگراف  $t_r$  ساعت را با تأخیر زمانهای  $t_r$  ساعت، آنقدر باهم جمع کنیم که مقدار

مجموع ثابت شود.

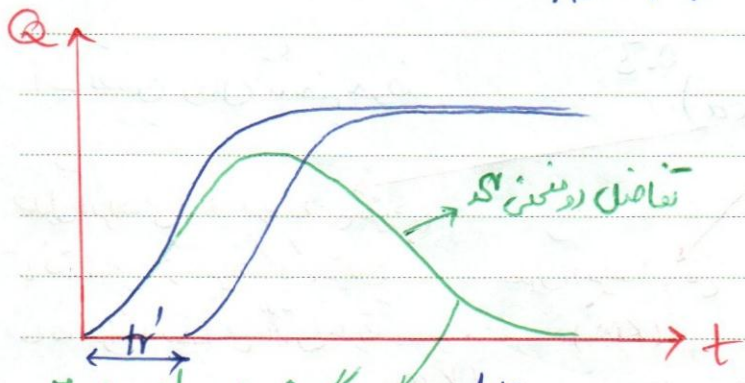
$Q$

هیدروگراف که (مجموع هیدروگراف های  $t_r$  ساعت)



چنانچه بخواهیم هیدروگراف  $t_r$  ساعت را یکسیم، هیدروگراف که را با تأخیر زمان  $t_r$

کشیہ و دھیدروگراف حاصل را از ہم کیم می کشیم.

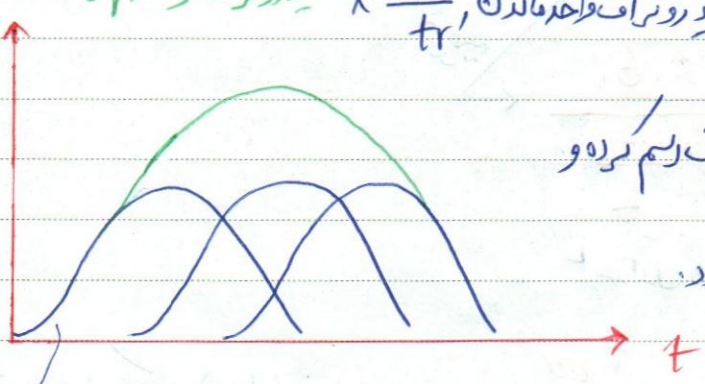


به دلیل دھیدروگراف واحد ماندک  $\times \frac{tr}{tr'}$  هیدروگراف واحد  $t$  ساعت

روشن روم

به تعداد ساعت مد نظر هیدروگراف رسم کرده و

ضربدر  $\frac{tr}{tr'}$  می کشیم تا واحد گردد.



تعداد هیدروگراف کوتاه مدت ۳ تا جمع می شود ضربدر ۳ کشیم هیدروگراف ۳ ساعت می شود

هیدروگراف واحد مصنوعی (Synthetic unit hydrograph (SUH))

در حوضه ای که هیچ گونه آمار باران و دبی وجود ندارد با استفاده از روش ای تجربی هیدروگراف رایج

رست می آورند. روش استنایدر (snyder) روش عمده روش SCS



\* بر اساس مشخصات حوضه، تعدادی نقطه بدست آورده و هیدروگراف را تولید می کنیم.

۱- تعیین زمان تأخیر حوضه

$$t_{lag} = C_t (L \cdot L_{ca})^{0.3}$$

$h_r$  → ضریب شیب حوضه  
 $1.4 < C_t < 1.4$  → متوسط کوهستانی  
 $(km)$  → طول آبراهه اصلی  
 $(km)$  → فاصله از نقطه ای که کمترین نقطه از نقطه خروجی  
 $(km)$  → فاصله از نقطه ای که کمترین نقطه از نقطه خروجی

توسیع

$$C_t = \frac{0.6}{\sqrt{K}} = \frac{0.6}{\sqrt{\frac{H_{max} - H_{min}}{L}}}$$

$\sqrt{K}$  → شیب  
 $\frac{H_{max} - H_{min}}{L}$  → عدالت و حداکثر تراز حوضه

۲- زمان بارندگی ( $t_D$ )

$$t_D = \frac{t_{lag}}{5.5}$$

$t_{lag R} = t_{lag} + 0.25(t_r - t_D)$   
 $t_{lag R}$  → زمان تأخیر اصلاح شده  
 $t_r$  → مدت بارش برای هیدروگراف  
 $t_D$  → رابطه ی فوق

۳- ضریب اوج

$$Q_{PR} = Q_p \frac{t_{lag}}{t_{lag R}} \quad \leftarrow \quad Q_p = C_p \frac{A}{t_{lag}}$$

$Q_{PR}$  → ضریب ذخیره ی سطحی حوضه (0.15 ~ 0.19)  
 $Q_p$  → ضریب اوج  
 $A$  → سطح حوضه  $km^2$   
 $t_{lag}$  → زمان تأخیر

$t_b = (3 \sim 5) t_p$  ← حوضیاتی / لوچک  
 $t_b = 24 \left( 3 + \frac{t_{lagR}}{8} \right)$  ← hr

۵- زمان رسیدن به یک :  $t_p = \frac{t_r}{2} + t_{lagR}$

$$w_{50} = \frac{0.23 A}{Q_p} \frac{1.08}{1.08}$$

$$W_{75} = \frac{0.13 A^{1.08}}{Q_p^{1.08}}$$

75% بهای هر گراف واحد در نقطه ای که دبی برابر 75% دبی یک است.

50% دیں یہ ایک ہے۔

 $\omega_{50}$ 

۷- در رسم هیپوگراف  $\frac{2}{3}$  عرضها درست رایت یک و  $\frac{1}{3}$  را درست حب پیاده سازی می شود.

مثال) برای یک حوضی آب زیر باماحت  $500 \text{ km}^2$  مربع که طول ابراهمی اصلی  $25 \text{ km}$

طول مرکز ثقل تا نقطه ی خروجی  $10 \text{ km}$  است. فرض کنیم  $8 \text{ V}$  مربوط به جوفته

رابطه گونه‌ای که  $1 \text{ mm}$  شود را رسم کنیم.  $C_p = 0.16$   $C_f = 1.06$



Subject:

Year.

Month.

Date.

( )

Vr

$$t_r = 4 \text{ hr} \quad C_t = 1.6 \quad C_p = 0.16$$

$$t_{\text{lag}} = 1.6 (25 \times 10)^{0.3} = 8.4 \text{ hr} \rightarrow t_{\text{lagR}} = 8.4 + 0.25(4 - 1.5) = 9 \text{ hr}$$

$$\left\{ \begin{aligned} t_b &= 24 \left( 3 + \frac{8.4}{8} \right) = 97 \text{ hr} \rightarrow t_{bR} = 24 \left( 3 + \frac{9}{8} \right) = 99 \text{ hr} \end{aligned} \right.$$

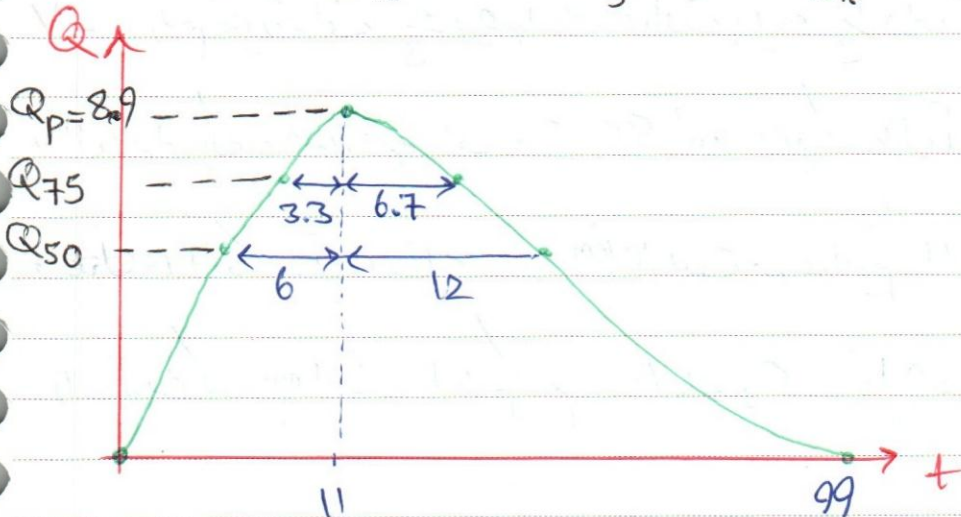
$$Q_p = 0.16 \times \frac{500}{8.4} = 9.6 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q_{pR} = 9.6 \times \frac{8.4}{9} = 8.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_D = \frac{t_{\text{lag}}}{5.5} = \frac{8.4}{5.5} = 1.5 \text{ hr} \rightarrow \text{مأخره برای استناد در است} \quad t_D = 1.5 \text{ hr}$$

$$t_p = \frac{t_r}{2} + t_{\text{lagR}} = \frac{4}{2} + 9 = 11 \text{ hr}$$

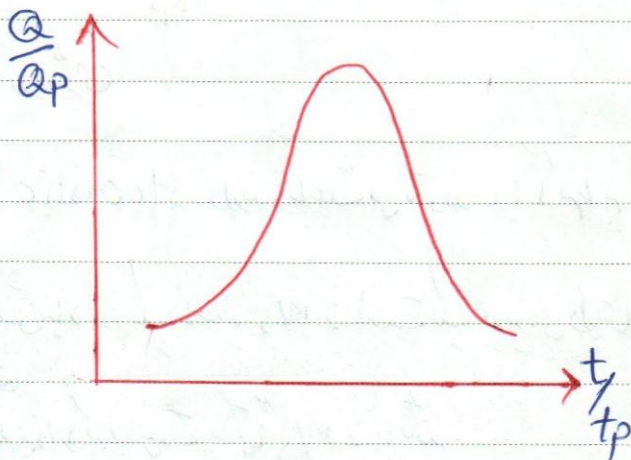
$$w_{50} = \frac{0.23 \times 500^{1.08}}{8.9^{1.08}} = 18 \text{ hr} \quad w_{75} = \frac{0.13 \times 500^{1.08}}{8.9^{1.08}} = 10 \text{ hr}$$

$$\rightarrow Q_{50\%} = 4.45 \text{ m}^3/\text{s} \quad \rightarrow Q_{75\%} = 6.7 \text{ m}^3/\text{s}$$



# هیدروگراف واحد مصنوعی (SCS روش)

برای این مطالعه هیدروگراف واحد حوضه یک شکل به بعد دستابی شده است.



$$(hr) \quad t_{lag} = \frac{L^{0.8} (S+1)^{0.7}}{1900 y}$$

$$(hr) \quad t_c = 1.67 t_{lag}$$

$$(hr) \quad t_D = 0.133 t_c \quad (\text{حما} < 0.25 t_c)$$

$$(hr) \quad t_p = \frac{t_D}{2} + t_{lag} \quad (t_b = 2.67 t_p) \quad \text{base}$$

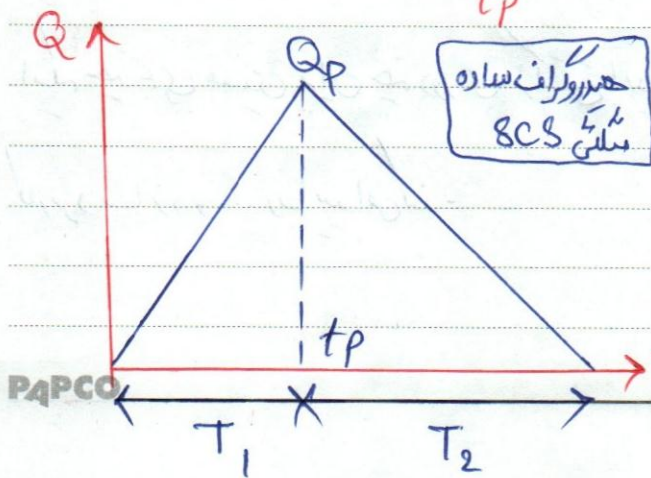
$$(m^3/s) \quad Q_p = 0.208 \frac{A}{t_p} \quad A \rightarrow km^2$$

برای حوضه‌ای کوچک، کمتر از 250 km<sup>2</sup>

(استفاده در طرح آبر کوچک)

(روابط  $t_{lag}$ ،  $t_c$  و  $t_p$  مثل قبل)

× سایر روابط در صفحه بعدی ×



$$T_2 = 1.67 T_1$$



$$\left\{ \begin{array}{l} t_p = 0.5t_D + 0.6t_c \\ Q_p = 0.0021 \frac{A}{t_p} \end{array} \right.$$

$$T_2 = 1.67 T_1$$

تحلیل خطر / تحلیل ریسک در بارگی هیدرولوژی

برخی از پدیده‌ها دارای عدم قطعیت و ماهیت Stochastic دارند و باعث می‌شوند ما با آنها به صورت احتمالاتی برخورد کنیم. مثلاً این که وزش باد در یک ناحیه  $2 \text{ m/s}$  است یک پدیده‌ی دارای عدم قطعیت است و نمی‌دانیم دقیقاً چه احتمالی دارد که سرعت حتماً  $2 \text{ m/s}$  باشد.

$P$  احتمال وقوع

تبدیل به دوره‌ی بازگشت  $\downarrow T = \frac{1}{P}$

طرح‌های عمرانی بر اساس دوره‌ی بازگشت  $T$  ساله برای عمر مفید  $n$  ساله طراحی می‌شوند.

احتمال اینکه رویدادی حداقل یکبار در عمر پروژه رخ دهد.

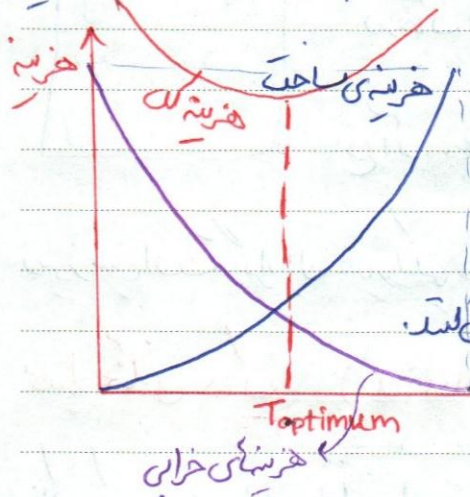
اینکه چه عمری مفیدی برای چه دوره‌ی بازگشتی باید طراحی گردد به عوامل مختلفی نظیر اهمیت سازه، کاربرد سازه و... ربط پیدا می‌کند.

احتمال عدم وقوع یک پدیده  $1 - \frac{1}{T}$  است برای چند سال مختلف احتمال عدم وقوع به دلیل مختلف و مستقل بودن پدیده  $\left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$  می شود پدیده ای مستقل در هم ضرب می گردند.

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

ریسک خطر  
احتمال وقوع آن در  $n$  سال

هر چه دوره بازگشت طراحی یا  $n$  را افزایش دهیم، میزان ریسک پروژه ای ما کمتر می شود زیرا احتمال وقوع آن پدیده کمتر می گردد.



هر چه دوره بازگشت را بزرگتر بگیریم میزان هزینه ساخت افزایش می یابد زیرا برای خطرات بزرگتری آن طراحی می کنند.  
برعکس هر چه دوره بازگشت طولانی تر را ملاک طراحی قرار دهیم میزان هزینه خرابی کاهش می یابد. با توجه به جمع هزینه ساخت و هزینه خرابی مقدار  $T_{opt}$  را بدست می آورند و معمولاً بر اساس آن طراحی می کنند.



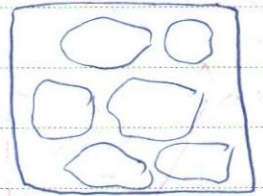
## هیدرولوژی آب های زیر زمینی

sub-surface water (آب زیر سطحی)

این آب های زیر سطح زمین  
ground water آب زیر زمینی

عمدتاً آب موجود در بخش اشباع زمین (زیر پرفه آب زیر زمینی) →  
و امکان جریان یافتن را با گرا دیان هیدرولیکی دارد.

ثقل



در خاک های غیر اشباع به این آب رطوبت می گویند و عامل ثقل در این

نوع آب، عامل جریان یافتن نیست ولی در آب های به صورت نفوذی اشباع

زیر زمینی است گرا دیان هیدرولیکی و ثقل عامل حرکت آب است.

میله متخلخل خاک (porous media)

خاک یک ماده ای دارای تخلخل است و نسبت به دست خوردگی بسیار حساس است و در مورد خاک

یک منطقه حوز انتخاب نداریم و هر چیزی که هست همان است مگر در مقیاس های بسیار کوچکی

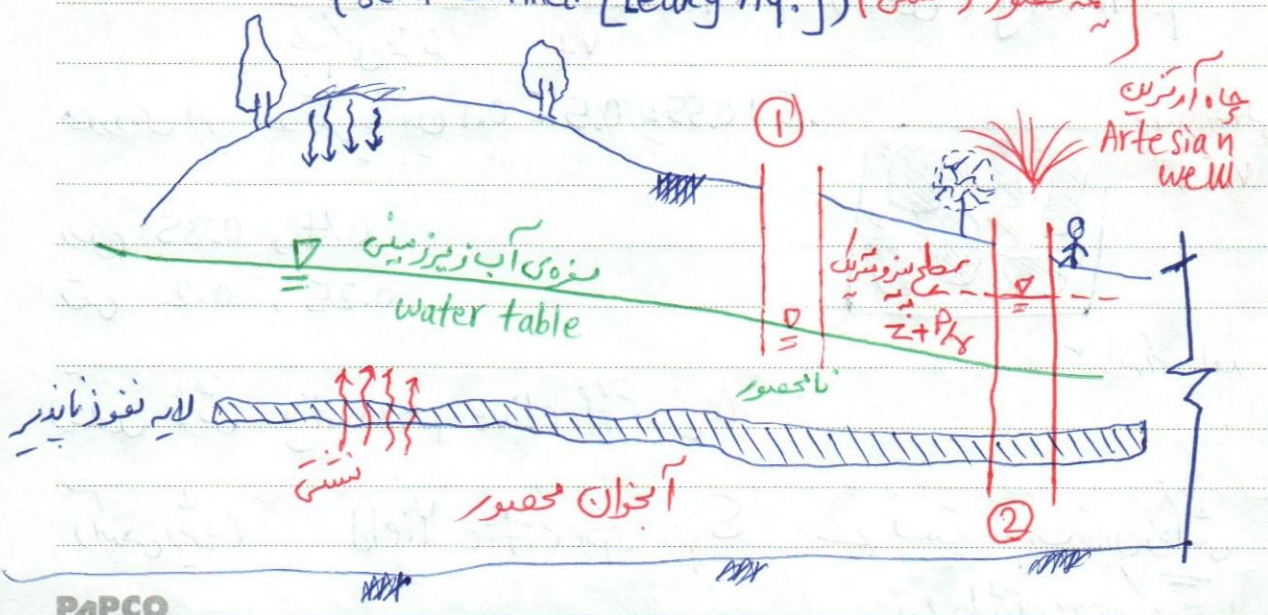
که بتوان خاک را تغییر داد مثل راه سازی و ...

سازند زمین شناسی که امکان ذخیره یافتن آب و امکان جریان یافتن آب را فراهم کند، آبخوان (Aquifer) می گویند. مثل خاک های ماسه ای، شن

سازند زمین شناسی که امکان ذخیره یافتن آب را بدهد و امکان جریان یافتن آب را ندهد، لایه نیمه تراوا (Aquitard) می گویند. مثل خاک رس

سازند زمین شناسی که امکان ذخیره یافتن آب را نداشته باشد و امکان جریان یافتن آب را هم ندهد، لایه نائتراوا (Aquituge) می گویند. مثل خاک های گرانیتی

- محصور (تحت فشار) (confined Aq.)
  - نامحصور (آزار) (unconfined Aq.)
  - نیمه محصور (نشتی) (semi-confined [Leaky Aq.])
- آبخوان





در حال عمدتاً این هدر را در نظر نمی گیرند.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$H = \frac{P}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2g}$$

هدر سرعت      هدر ارتفاع      هدر فشار

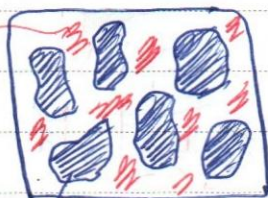
هدر سوم متریک

شرایط چاه شماره ۲ بستگی به شرایط آبخیزان محصور زیر لایه نفوذناپذیر دارد و اگر فشار آبخیزان محصور خیلی زیاد باشد ممکن است آب از چاه دو فوران کند و به بیرون بجهد که به این نوع چاه Artesian well یا چاه آرتزین می گویند.

در صورتی که لایه نفوذناپذیر در نقطه ای آب را از خود عبور دهد، آنگاه لایه زیرین به حالت نیمه محصور یا دارای شش تبدیل می گردد.

porosity (تخلخل) :  $n = \frac{V_v}{V_t}$  حجم فضای خالی  
حجم کل نمونه

فضای خالی  
Void



رانه های جامد

محدوده ای این عدد تقریباً بین ۰.۱ تا ۰.۵ و ۰.۵۵ است.

رس ۰.۳۵ و ۰.۴

شن ۰.۲ و ۰.۲۵

$n_e$  Effective porosity (تخلخل مؤثر)

$S_y$  specific Yield (آبدهی ویژه) ← نسبت حجم آب قابل زهکشی

توسط تخلخل به حجم کل

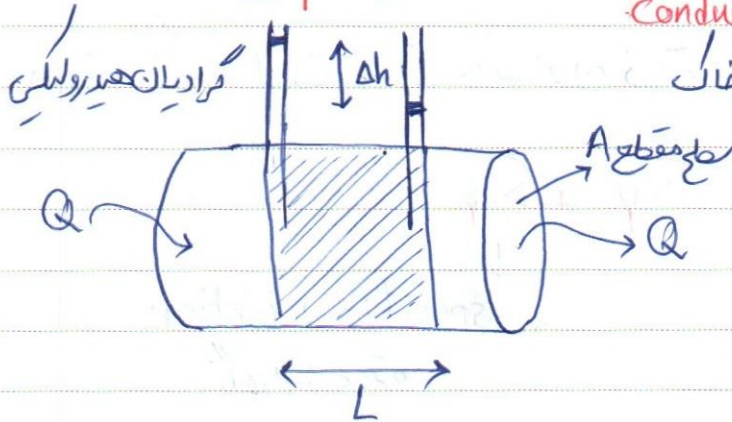
$$n = S_y + S_r$$
$$S_S = \rho g (\alpha + n\beta)$$

$$\Delta S = \rho g (v + n\beta)$$

ترانسمیٹریس آب  $\rightarrow$   $\frac{dp}{\rho}$   
 چگلی آب  $\rightarrow$   $\frac{d(dz)/dz}{dp}$   
 شیب سے نقل و حرکت  $\rightarrow$   $\frac{dp}{\rho g dh}$



هیدرات هیدرولیک (K) (Hydraulic Conductivity)  $\left[\frac{L}{T}\right]$



سرعت جریان آب در خاک

رابطی Henry Darcy

$$Q = \frac{A \cdot \Delta h}{L} \cdot \text{ثابت}$$

$$Q = K \frac{A \Delta h}{L}$$

10<sup>16</sup> ← خاک رس

$$K = k \frac{\rho g}{\mu}$$

نفوذپذیری خاک  $[L^2]$   
(permeability)

لزجت مایع  
(viscosity)

مقدار آب در خاک

μ چون در خاک μ آب است و مقدار آب ثابت است پس

K را در خاک همان k می گیریم.

محدوده تغییرات K ، 10<sup>16</sup> است و این کمیت ماهیت تانسوری و ماتریسی است و در جهت که

مختلف مقادیر مختلف است و اگر همان خاک را بچرخانیم مقدار K آن تغییر می کند.

transmissivity

قابلیت اشغال (T) مقدار آب است که در واحد عرض آنجا

$$T = k \times d \rightarrow [L^2/L]$$

کاملاً اشباع تحت اثر گرادیان واحد به صورت اشغال می یابد.

ضخامت آنجا

تجربی

$$K = C_{\text{ثابت}} (d_{10})^{1/8}$$

آزمایشگاهی

نفوذپذیرده ثابت و هدافشان

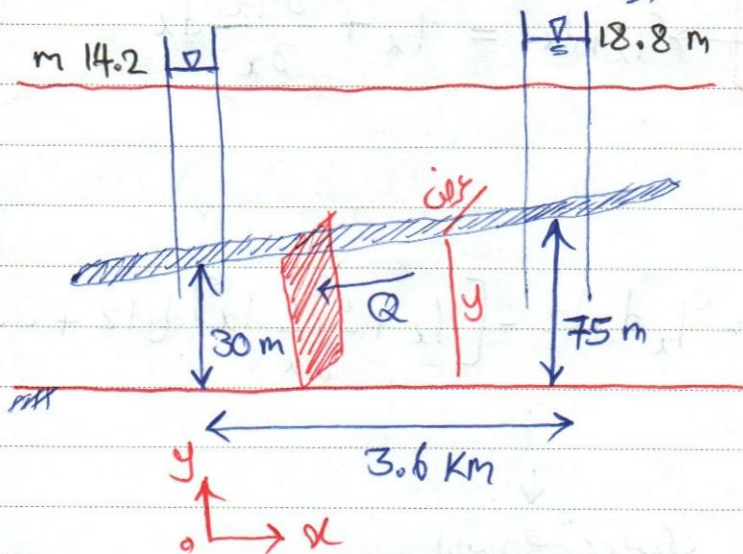
صحرایی (میدانی)

رئوفنزیگ

هیچ کدام از روش های بالا نمی تواند به طور کامل  $K$  را به ما بگوید و معمولاً برده بنا بر این لازم است تا پهنه بندی کنند و برای نقاط مختلف  $K$  را محاسبه کنند و روش های صحرایی، رئوفنزیگ و ... او پس نقشه های پهنه بندی شده ای دارای خطوط دارای  $K$  را رسم می کنند.

مثال) یک آبخیزان محصور با بستر افقی و ضخامت متغیر که  $K = 12 + 0.006x$  ( $m/day$ )، بر اساس

اطلاعات شکل زیر، جریان افقی را تعیین کنید.



$$Q = KA \frac{dh}{dx}$$

$$y - 30 = \frac{75 - 30}{3600} (x - 0)$$

$$y = 30 + 0.0125x$$

← معادله خط



$$A = yx \text{ عرض}$$

$$A = yx \text{ عرض} = (30 + 0.0125x)(1)$$

سطح در عرض واحد  
آبخزان

$$Q = (12 + 0.006x)(30 + 0.0125x) \frac{dh}{dx}$$

$$\int_{14.2}^{18.8} \frac{dh}{Q} = \int_0^{3600} \frac{dx}{(12 + 0.006x)(30 + 0.0125x)} \rightarrow Q = -1.2 \frac{m^3}{day}$$

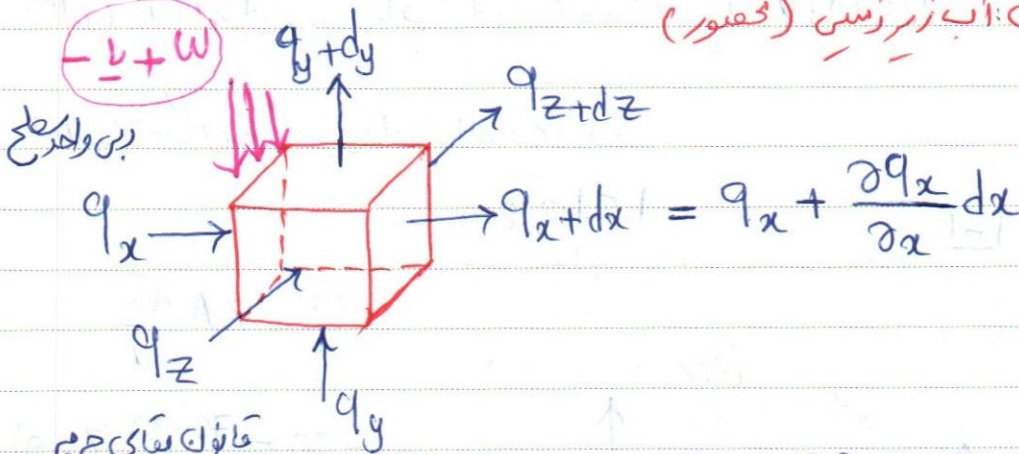
m — (عرض آبخزان)

جریان در بین دو چاه از همدست به همدست حرکت می کند و تغییرات همدرواز  $\frac{dh}{dx}$

طول را نشان می دهد

اگر تغذیه یا برداشت داشته باشیم

معادله جریان آب زیرزمینی (محصول)



قانون بقای جرم  
دختره = ورود - خروج

$$q_x dy dz - \left[ q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \right] dy dz + u = 0$$

الان در صفحه می بعدی

ذخیره (فرض همگنی و همسان)  $\left( -\frac{\partial q_x}{\partial x} - \frac{\partial q_y}{\partial y} - \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) dx dy dz =$

$$q_x = -k \frac{\partial h}{\partial x} \rightarrow \frac{\partial q_x}{\partial x} = -k \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$$

$$q_y = -k \frac{\partial h}{\partial y} \rightarrow \frac{\partial q_y}{\partial y} = -k \frac{\partial^2 h}{\partial y^2}$$

$$q_z = -k \frac{\partial h}{\partial z} \rightarrow \frac{\partial q_z}{\partial z} = -k \frac{\partial^2 h}{\partial z^2}$$

نیابت  $\rightarrow \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \right) K dx dy dz =$  ذخیره

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\text{جرم الماء}}{\rho_w dx dy dz \cdot n} \right) = \rho_w g \frac{dh}{dt} \cdot dx dy dz (a+nb)$$

کتابها را ببینید

در اینجا برای ساکن فرضیاتی صورت می گیرد که ما وارد جزئیات نمی شویم

جریان آب زیر زمینی (آبخوان محصور)

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{\rho_w g (a+nb)}{K} \frac{dh}{dt} = \frac{S_{s \times b}}{K \times b} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{S}{t} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{w}{K}$$

$$\nabla^2 h$$

ضرایب هیدرونیامیک آبخوان

ضخامت آبخوان

تغذیه  
برداشت

اگر جریان دائمی باشد (steady state)

$$\nabla^2 h = 0 \pm \frac{w}{K} \quad (\text{معادله لاپلاس})$$



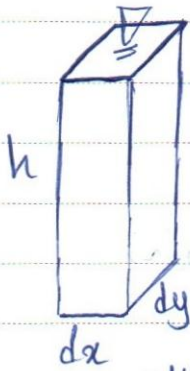
Subject:

Year. Month. Date. ( )

جریان آب زیر زمین (نامحصر)

$$\frac{d^2 h^2}{dx^2} + \frac{d^2 h^2}{dy^2} + \frac{d^2 h^2}{dz^2} = \nabla^2 h^2 = \frac{2K_s}{K} \frac{dh}{dt} = \frac{2S'}{T} \frac{dh}{dt} + \frac{2W}{K} \quad (\text{غیر دائمی})$$

$$\nabla^2 h^2 = \frac{+2W}{K} \quad (\text{دائمی})$$



در دو طرف

$$q_x = Kh \frac{dh}{dx}$$

چاپین  
مستم

$$\Rightarrow q_x = \frac{K}{2} \frac{dh^2}{dx}$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} = \frac{K}{2} \frac{d^2 h^2}{dx^2}$$

در دو طرف  
مستم

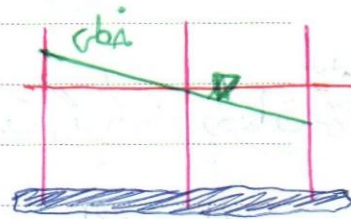
محصول

دائمی

یک بعدی

W=0

$$\frac{d^2 h}{dx^2} = 0 \xrightarrow{\text{انTEGRAL}} h = C_1 x + C_2$$



نامحصر

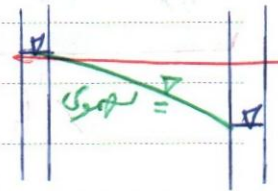
دائمی

یک بعدی

W=0

$$\frac{d^2 h}{dx^2} = 0 \xrightarrow{\text{انTEGRAL}} h^2 = C_1 x + C_2$$

$$h = \sqrt{C_1 x + C_2}$$

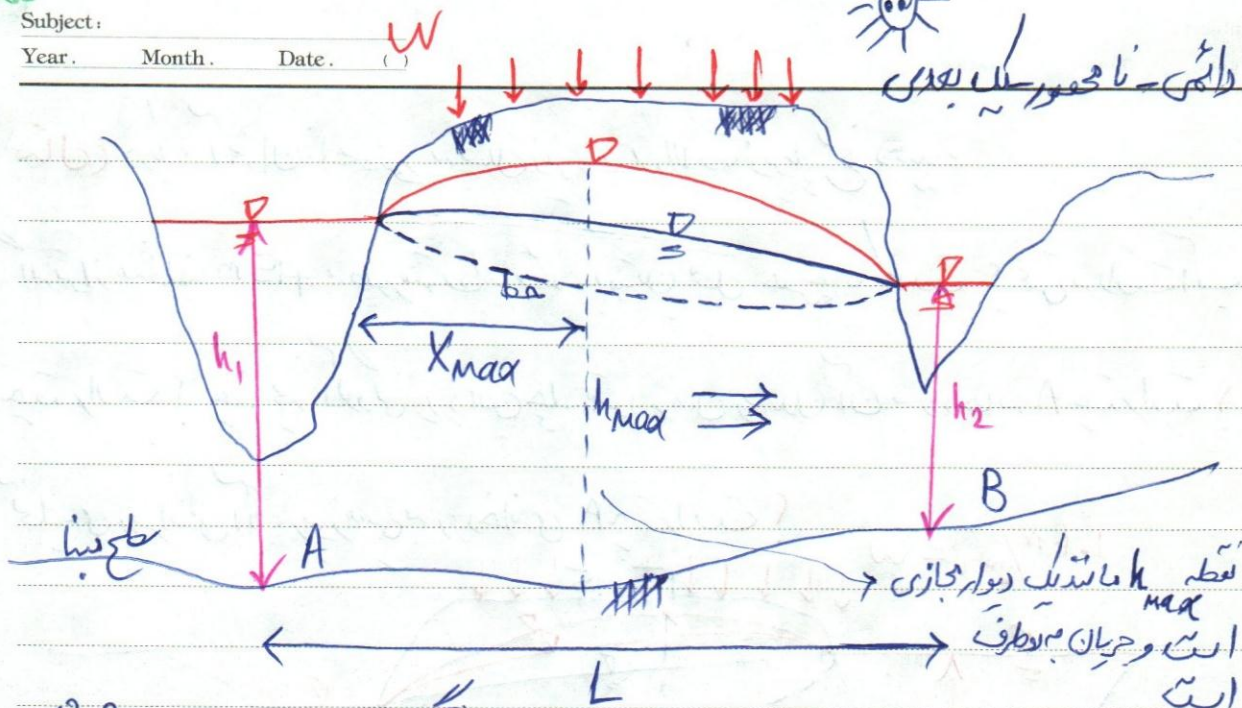


Subject:

Year. Month. Date. ( )



دانشگاه خوارزمی - خوارزم



$$\frac{d^2 h^2}{dx^2} = -2 \frac{w}{k} \quad \text{است} \rightarrow h^2 = -\frac{w}{k} x^2 + C_1 x + C_2$$

$$h^2 = h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L} x + \frac{w}{k} (L - x) x$$

برای بدست آوردن  $x_{max}$  مشتق  $h=0$  میگیریم  $\Rightarrow x_{max} = \frac{L}{2} - \frac{k}{w} \cdot \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}$

$h_{max} =$  حداکثر

$$q_{max} = kh \frac{\partial h}{\partial x} \rightarrow q_x = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{2L} - w \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

$V = k \frac{\Delta h}{\Delta x}$  (سرعت داری)

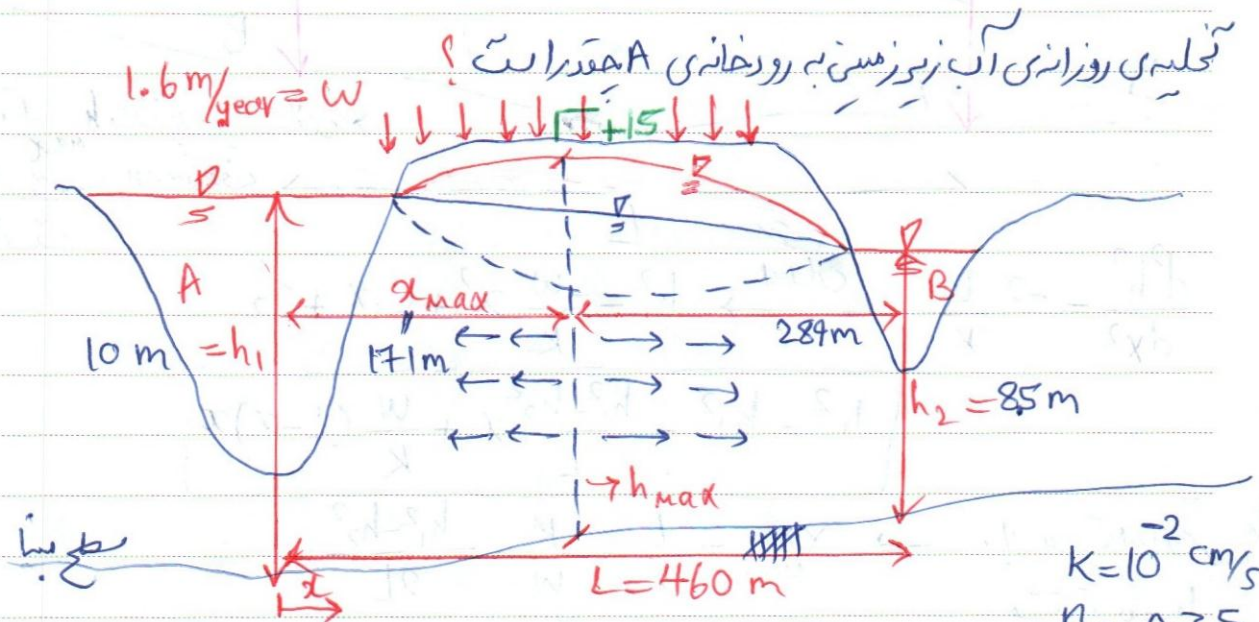
$V = \frac{k}{n_e} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x} \rightarrow t = \frac{x}{V}$   
زمان سپاس  
واقع



مثال در یک آنچوان نامحسوس به شکل زیر، به سوالات زیر پاسخ دهید.

اگر تراز منطقه +۱۵ m به طور متوسط باشد، بهترین محل حفارچه کجاست؟ عمق برداشت آب چقدر است؟

تخمینی روزانه‌ی آب زیرزمینی به دریاخانه‌ی A چقدر است؟



$$W = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{year}} = 0.0044 \frac{\text{m}}{\text{day}}$$

$$k = 10^{-2} \text{ cm/s} = 8.64 \frac{\text{m}}{\text{day}}$$

$$X_{max} = \frac{460}{2} - \frac{8.64}{0.0044} \left( \frac{10^2 - 8.5^2}{2 \times 460} \right) = 171 \text{ m}$$

$$h_{max} = \left( 10^2 - \frac{10^2 - 8.5^2}{460} \times 171 \right) + \frac{0.0044}{8.64} (460 - 171)(171)^{0.5}$$

$$= 10.7 \text{ m} \quad 15 - 10.7 = 4.3 \text{ m} \quad \text{عمق برداشت}$$

$$V_A = \frac{K}{n_e} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{8.64}{0.35} \times \frac{10.7 - 10}{171} = 0.101 \text{ m/day}$$

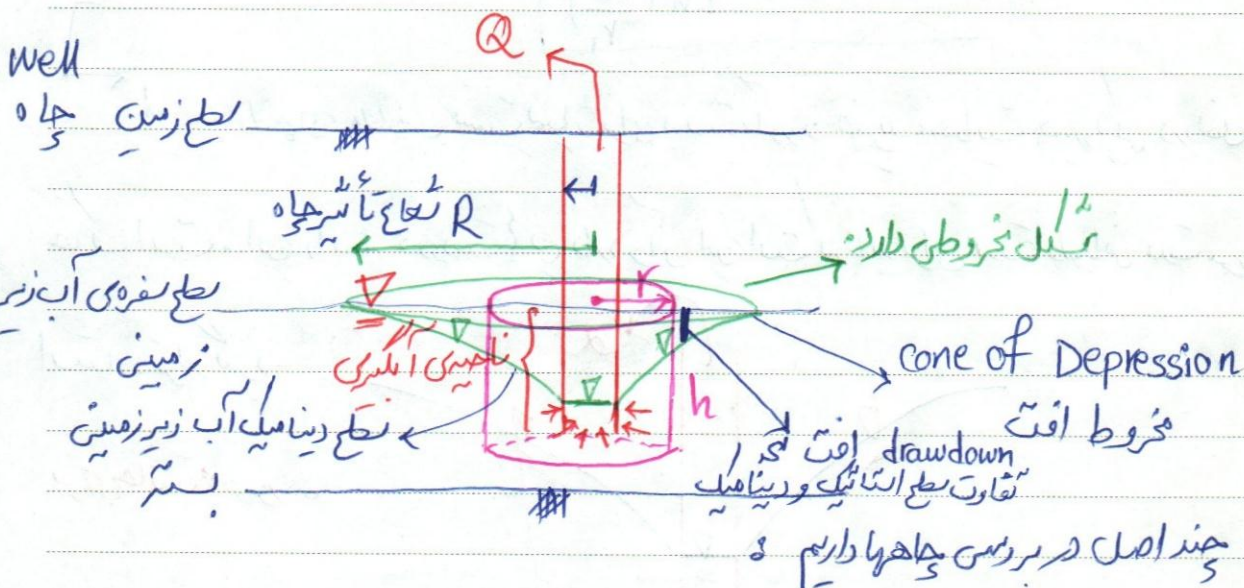
$$t_A = \frac{x}{V_A} = \frac{171}{0.101} = 1692 \text{ day} = 4.64 \text{ year}$$

← متوسط واقعی

$$q_A = \frac{8.64 (10^2 - 8.5^2)}{2 \times 46} - 0.0044 \left( \frac{460}{2} - 0 \right) = -0.751 \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$

m

اگر سطح دو رودخانه یکی بود پس  $max$  و  $min$  در نقطه می شود و اگر برداشت دائمی مقدار  $min$  تر از آن در بین دو رودخانه می افتد.



- ۱- چگونگی و همسانی
- ۲- تأثیر چاه بودن
- ۳- افتی بودن
- ۴- دائمی بودن
- ۵- جریان شعاع



اگر بخواهیم دبی آب ورودی به داخل چاه را بدست بیاوریم . با فرض کردن یک سطح استوانه ای فرضی  
آب از جداره ی این استوانه وارد چاه می گردد

$$Q = K A \frac{dh}{dr}$$

$$Q = K (2\pi r h) \frac{dh}{dr} \rightarrow Q \frac{dr}{r} = K 2\pi h dh$$

$$Q \ln r \Big|_{r_1}^{r_2} = K 2\pi h^2 \Big|_{h_1}^{h_2}$$

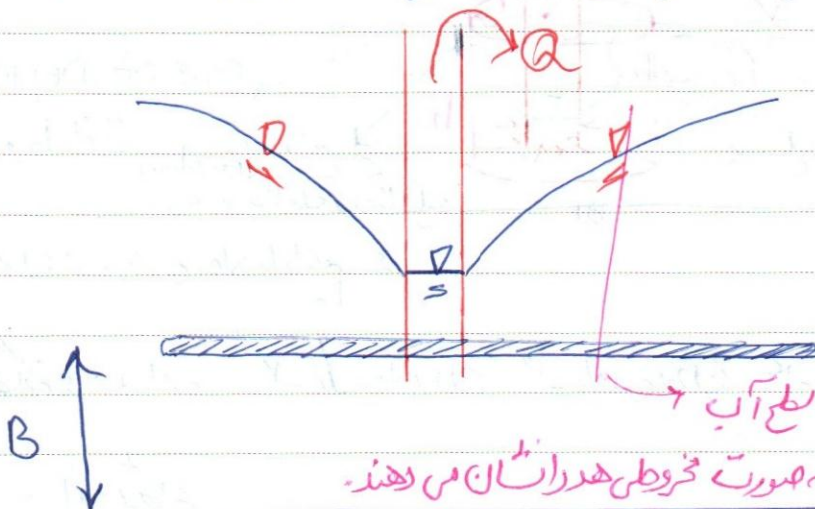
$$Q = \pi K \frac{h_2^2 - h_1^2}{\ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right)}$$

نامحصول

این معادله همان معادله ی نسبت میخاژ برای بدست آوردن ضریب هدایت هیدرولیکی (در داخل خاک است . این رابطه محوریته ی دارد و آن این است که باید برای مدت طولانی مدت مورد

استفاده قرار گیرد

برای حالت محصور :



به کمک نیروی کشش توان سطح آب را  
را می کشد و منسوبی به صورت مخروطی هدرایشان می دهند  
و آن مخزن محصور سطح منفوی واقعی ندارد و مجازی است .

$$Q = KA \frac{dh}{dr}$$

$$Q = K(2\pi r b) \frac{dh}{dr}$$

$$Q \frac{dr}{r} = K(2\pi b) dh \rightarrow Q \ln r \Big|_{r_1}^{r_2} = 2\pi K b h \Big|_{h_1}^{h_2}$$

$$\Rightarrow \text{برای محصور} \quad Q = 2\pi K b \frac{h_2 - h_1}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

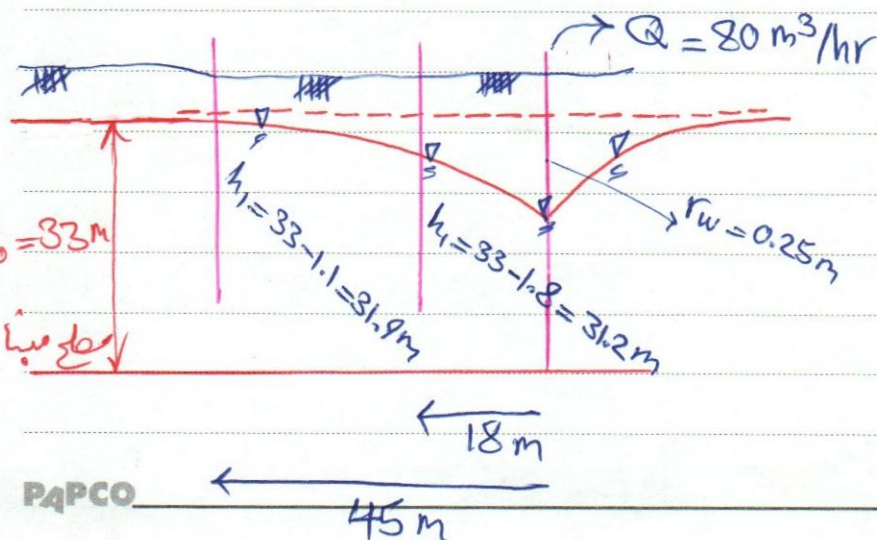
به جای  $h_2 - h_1$  می توان  $s_1 - s_2$  را استفاده کرد

**مثال** چاهی به قطر نیم متر تا 33 m زیر سطح استاتیک آب زیرزمینی حفر شده است. بعد

از پمپاژ طولانی با نرخ  $80 \text{ m}^3/\text{hr}$ ، افت سطح آب زیرزمینی در چاههایی به فواصل 18 m و 45 m

از چاه پمپاژ اندازه گیری شده است و به ترتیب برابر 8 و 1.1 متر می باشد. مقدار افت سطح

آب زیرزمینی در محل چاه اصلی با چاه پمپاژ و شعاع تأثیر چاه را بیابید.





Subject:

Year.

Month.

Date.

( )

pumping test

$$80 \times 24 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} = \pi \times K \times \frac{31.9^2 - 31.1^2}{\ln\left(\frac{45}{18}\right)} \rightarrow K = 12.7 \text{ m/day}$$

$$80 \times 24 = \pi \times 12.7 \times \frac{31.9^2 - h_w^2}{\ln\left(\frac{45}{0.25}\right)} \rightarrow h_w = 27.7 \text{ m}$$

$$\rightarrow 33 - 27.7 = 5.3 \text{ m}$$

$$80 \times 24 = \pi \times 12.7 \times \frac{31.9^2 - 33^2}{\ln\left(\frac{45}{R}\right)} \rightarrow R = 198 \text{ m} \checkmark$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_ ( )



Subject:

Year:

Month:

Date:

( )

مقاله حل شده کتاب راجعه IDF

هستند که ۶۰، ۴۰، ۲۰ درصد این را رسم کنند -  
 حداکثر بارش یا max intensity را به دست آورند -

قطر تَشَدُّد بَیَجَر

تعداد باران میخ آبی که برای تخمین بارندگی در هر  $km^2$  باید باشد چند سانت ؟

لا سیستریه چه دردی خورد ؟

بَیَجَر حوضی سماخ باشد تَشَدُّد آمپلیتود سما  $E_p$  باشد نسبت این دو بَیَجَر چه مفهومی

دارد ؟ - ضرب اصلاح زیر را - بَیَجَر تَشَدُّد تَشَرَات

از سه توری ، سرعت ، تابش ، طبع بَیَجَر یا بَیَجَر ابطی عکس دارد ؟ توری