معدلات استهلاك المياه والتصرفات التصميمية

Rates of water consumptions and design flows

مقدمة Introduction

معدل استهلاك المياه أو متوسط استهلاك المياه للفرد أو لمجموعة من الأفراد أو لقرية أو مدينة ، هو كمية المياه المُستهلكة بالأفراد أو المدينة خلال اليوم الكامل ، ويُعبر عنها بـ (لتر/فرد/يوم أو Liter/capita/day) ويختلف هذا المعدل باختلاف فصول السنة وكذلك أشهر السنة وأيضاً خلال اليوم . ويمكن تقدير معدل الاستهلاك للمياه في اليوم بمعرفة تعداد السكان في المدينة (P) وبمعرفة إجمالي كمية المياه (التصرف $Q_{av.cons}$) الخارج من محطة تنقية المياه على مدار السنة ، يمكن حساب متوسط استهلاك المياه للفرد في اليوم (q)

$$q = \frac{Q \times 1000}{P \times 365}$$

Where

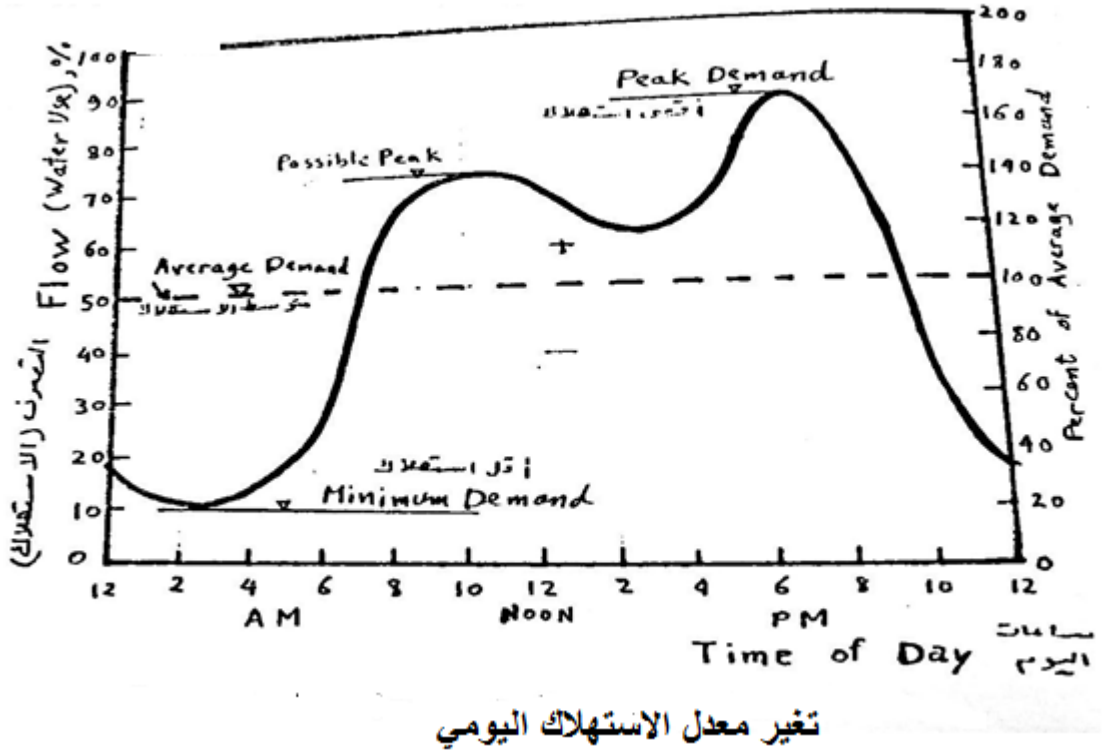
q = per capita consumption (L/C.D)

P= population (capita)

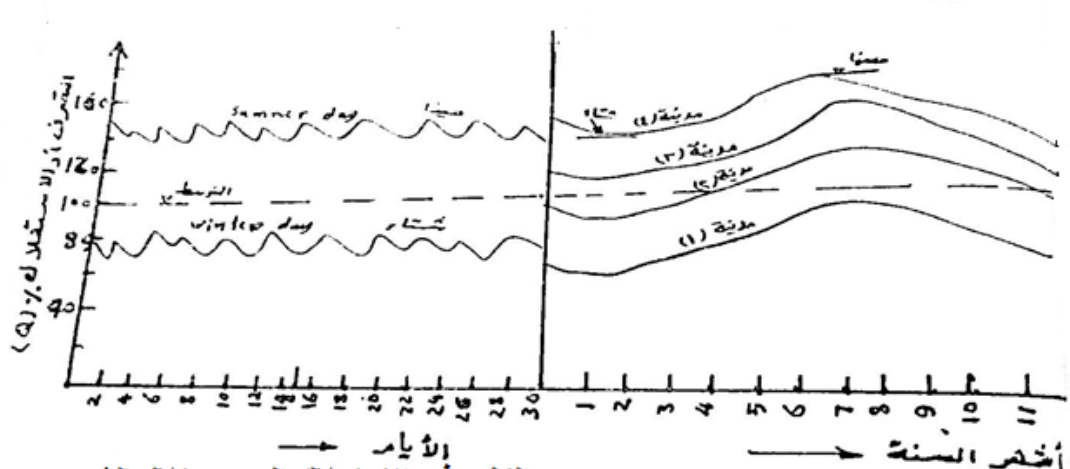
365 = number of days in the year

التغير في استهلاك الماء Variation in water use

يتذبذب استهلاك الماء من لحظة لأخرى وخلال اليوم وعلى مدار السنة ، ويجب تصميم عمليات الإمداد بالماء لكي تناسب كل ظروف التغير في الاستهلاك ويوضح الشكل التالي التغير في استهلاك الماء اللحظي ومن يوم لآخر وعلى مدار السنة .



تغير معدل الاستهلاك اليومي



التغير في الاستهلاك اليومي خلال الشهر

التغير في الاستهلاك الشهري خلال السنة

العوامل التي تؤثر على معدل الاستهلاك : Factors affecting rate of consumption

يتأثر معدل استهلاك المياه من مكان لآخر تبعاً لعوامل متعددة أهمها التالي :

١-الموقع الجغرافي Geographic location & climate

يزداد استهلاك الماء كلما ارتفعت درجة الحرارة وفي المناطق الجافة وكذلك الماء المستخدم في ري الحدائق والاغتسال والتبريد .

٢-نوع وحجم المجتمع Type of community

يتغير استهلاك الماء حسب حجم المجتمع السكني ووجود المناطق الصناعية والتجارية ويتغير الاستهلاك حسب الصناعات الموسمية وضخامتها .

٣-الحالة الاقتصادية للمجتمع ومستوى المعيشة Economic status

يزداد الاستهلاك كلما زاد مستوى المعيشة وفي المجتمعات الغنية أكثر من المجتمعات التي تعاني من قلة الدخل والبطالة ومع زيادة استخدام الأجهزة الحديثة التي تستهلك كميات كبيرة من المياه .

٤-ضغط الماء في شبكة التوزيع Water pressure

يزداد استهلاك المياه مع ارتفاع ضغط الماء في شبكات التوزيع .

٥-تكلفة وسعر المتر المكعب من الماء Cost of water

يرتبط استهلاك الماء بالتكلفة حيث يزداد الإسراف والاستهلاك للمياه في المناطق التي يقل فيها سعر الماء .

٦-خواص وجودة المياه Water quality

يزداد الاستهلاك مع زيادة وتحسن جودة وخواص المياه .

٧-وجود عدادات لقياس استهلاك الماء Water Meters

وجود العدادات لقياس الاستهلاك يحد من الإسراف والاستهلاك في الماء وإن كانت العدادات تحتاج إلى رصد وصيانة دورية .

٨-وجود نظم لصرف المياه العادمة (المخلفات السائلة) Presence of Wastewater Systems

يزداد استهلاك الماء عند وجود نظم لصرف الماء بعد الاستعمال(مياه الصرف الصحي) أو نظم الصرف الصحي العمومية (شبكات الصرف الصحي)

الجدول التالي يوضح متوسط الاستهلاك اليومي وكمية الفاقد من المياه خلال شبكة مياه الشرب

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومي (لتر/فرد.يوم)	كمية الفاقد خلال شبكة المياه (لتر/فرد.يوم)	متوسط الاستهلاك الكلي للفرد (لتر/فرد.يوم)
١-عواصم المحافظات(مدن)	١٨٠	(٢٠-٤٠)	٢٠٠-٢٢٠
٢-المراكز	١٥٠	(١٥-٣٠)	١٦٥-١٨٠
٣-القرى حتى٥٠٠٠نسمة	١٢٥	(١٠-٢٥)	١٣٥-١٥٠
٤-المدن الجديدة	٢٨٠	(صفر-٢٠)	٢٨٠-٣٠٠

الجدول التالي يوضح قيم الاستهلاك الصناعي (لتر/ث/هكتار)

حالة الاستخدام	الاستهلاك الصناعي (لتر /ث / هكتار)
١-عواصم المحافظات(مدن)	2
٢-المراكز	2
٣-القرى حتى٥٠٠٠٠ نسمة	2
٤-المدن الجديدة	3

والجدول التالي يوضح متوسط الاستهلاك اليومي للمباني العامة والمستشفيات والفنادق والمدارس

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك (لتر/فرد / يوم)
١-مباني عامة – مكاتب- مدارس	٥٠-١٥٠ لتر/فرد /يوم
٢-مستشفيات	٥٠٠-١٠٠٠ لتر/سرير/يوم
٣-فنادق	١٨٠-٥٠٠ لتر/سرير/يوم

التصرف اللازم لمقاومة الحرائق Fire Flow

تُستخدم المياه لمقاومة الحرائق وخاصة الحرائق الناتجة من اشتعال الأخشاب والورق والمنسوجات وما يماثلها ، ويجب عدم استخدام المياه لمقاومة الحرائق الناتجة من ماس كهربائي أو المعادن.

ويجب مراعاة الآتي عند التصميم لأنظمة مكافحة الحرائق في المدن والمناطق السكنية والصناعية والتجارية :

١-التأكد من مصدر المياه من حيث التصرف الممكن سحبه وكميات المياه المتوفرة وضغط المياه بشبكة توزيع المياه .

٢-إختيار وحدات مناسبة لضخ المياه من حيث (الجودة -الضغط المناسب -مصدر الطاقة المحركة للمضخات)

٣-أقصى طول لمجموعة خراطيم الإطفاء التي يتم توصيلها من حنفية حريق واحدة لايزيد عن ١٥٠ متر .

٤-قطر حنفية الحريق والخرطوم يكون عادة بقطر ٦٣,٥ ملم (٢,٥ بوصة) وقطر فوهة مخرج الخرطوم ١٩ ملم (٠,٧٥ بوصة)

٥-لايقل قطر مواسير المياه العمومية المركب عليها فرعات لحنفيات الحريق عن ١٥٠ ملم (٦ بوصات).

وبالإضافة لما سبق يجب الرجوع لإدارة الحماية المدنية وأخذ موافقتها لأنظمة الحريق قبل التنفيذ.

ويعتمد التصرف المطلوب لمقاومة الحرائق على عوامل كثيرة منها تعداد السكان وطبيعة المنطقة السكنية وأهمية المُنشآت بها والضغط في شبكة توزيع المياه ونوعيات حنفيات الحريق المستخدمة .

ومن المعادلات التي يُحسب منها تصرف الحريق ما يلي :

$$Q_f = 3.7CA^{0.5}$$

$$Q_f = 64\sqrt{P}(1-0.01\sqrt{P})$$ (National board of Fire)

$$Q_f = 44\sqrt{P}$$ (Kuichling Formula)

$$Q_f = 16(P/5+10)$$ (Join Formula)

حيث :

Q_f = التصرف المطلوب للحريق (لتر / ث)

A = المساحة الكلية للأرضيات (م٢) (عادة البدرومات)

C =معامل يعتمد على نوع البناء (يتراوح من ٠,٦ إلى ١,٥)

= ١,٠ للمباني العادية ، ١,٥ للمباني الخشب ، (٠,٦-٠,٨) للمباني المقاومة للحريق

P= عدد السكان بالألف

وفي مصر يُشترط ألا يقل تصرف حنفية الحريق عن ٦٠ م٣/ ساعة ومخزون الحريق لايقل عن ساعتين أي ١٢٠ م٣ ، ويُفرض عادة زمن الحريق من ٢-٦ ساعات .

الجدول التالي يعطي تصرفات الحريق المناظرة لعدد السكان طبقاً للكود المصري لتصميم شبكات ومحطات المياه.

عدد السكان (فرد)	تصرف الحريق (لتر/ث)
١-حتى ١٠٠٠٠ نسمة	٢٠
٢-حتى ٢٥٠٠٠ نسمة	٢٥
٣-حتى ٥٠٠٠٠ نسمة	٣٠
٤-حتى ١٠٠٠٠٠ نسمة	٤٠
٥-أكثر من ٢٠٠٠٠٠ نسمة	٥٠

معدلات الاستهلاك المختلفة

١-متوسط الاستهلاك اليومي Average of annual consumption $Q_{aver.}$

ويُحسب بقسمة جملة الاستهلاك للمياه خلال العام على عدد أيام السنة ، وهو القيمة التي تؤخذ كاساس لتقدير الاستهلاك وتُعادل نسبة ١٠٠% من الاستهلاك .

٢-أقصى استهلاك شهري Maximum Monthly Consumption $Q_{\max.month}$

يُعين الشهر الذي فيه مجموع أكبر استهلاك ويؤخذ متوسط الاستهلاك اليومي خلال هذا الشهر فيكون أقصى استهلاك شهري ويُقدر بنحو (١,٢٥-١,٥) من متوسط الاستهلاك اليومي

$$Q_{\max.month} = (1.25-1.5)Q_{aver}$$

٣-أقصى استهلاك يومي Maximum daily Consumption $Q_{\max.daily}$

يُعين الشهر الذي يحدث فيه أكبر استهلاك خلال السنة ثم يُعين اليوم خلال هذا الشهر والذي يحدث فيه أكبر استهلاك فيكون هذا الاستهلاك هو أقصى استهلاك يومي ، ويُقدر بنحو (١,٦-١,٨) من متوسط الاستهلاك اليومي

$$Q_{\max.daily} = (1.6-1.8)Q_{aver}$$

٤-أقصى استهلاك ساعة Maximum hourly Consumption $Q_{\max.hourly}$

يُعين اليوم الذي يحدث فيه أكبر استهلاك يومي خلال العام ومن ثم يتم تحديد الساعة التي يحدث فيها أكبر استهلاك خلال هذا اليوم فيكون هو أقصى استهلاك في الساعة ، ويُقدر بنحو ٢,٥ من متوسط الاستهلاك .

$$Q_{\max.hourly} = 2.5Q_{aver}$$

وترجع أهمية دراسة معدلات الاستهلاك في تعيين التصرفات المختلفة التي تشتخدم في تصميم الأعمال المختلفة للإمداد بالمياه حيث يستخدم :

- أقصى استهلاك شهري في تصميم محطات التنقية
- أقصى استهلاك يومي في تصميم خطوط التوزيع الرئيسية للمياه وأيضاً الخطوط الفرعية وأعمال التخزين للشبكة.
- أقصى استهلاك ساعة في تصميم خطوط التوزيع في الشبكة وكذلك في تصميم وصلات الخدمة للمنشآت .

الفترة التصميمية للأعمال الهيدروليكية Design period of hydraulic works

يتم تقسيم الفترة التصميمية لأعمال التنقية (وحدات ومراح التنقية) إلى مراحل تتراوح مدتها بين ١٥ – ٢٠ سنة حيث تكون مرتبطة بالتصرفات التصميمية لها .

الفترة التصميمية للأعمال الميكانيكية والكهربائية

Design period of mechanical and electrical works

ترتبط الفترة التصميمية للأعمال الميكانيكية بالفترات التصميمية للأعمال الهيدروليكية والعمر الافتراضي للمعدة وتتراوح بين ١٥–٢٠ سنة ويجب الأخذ في الاعتبار التوسعات المستقبلية للأعمال المدنية .

الفترة التصميمية للأعمال المدنية Design period of civil works

تتراوح هذه الفترة من ٤٠–٥٠ سنة ويرتبط تنفيذها تبعاً للفترات الهيدروليكية التصميمية للمحطة

الفترة التصميمية لأعمال الشبكات Design period of water pipe and sewer networks

تتراوح هذه الفترة من ٤٠–٥٠ سنة حيث أنها بنية تحتية لايمكن تغييرها كل فترات زمنية متقاربة بل يتم الأخذ في الاعتبار حد التشبع السكاني للمنطقة.

التصرفات التصميمية لشبكات المياه: Design flows for pipe network

التصرف التصميمي لشبكات مواسير المياه (الخطوط الرئيسية والفرعية) تؤخذ عادة القيمة الأكبر من :

1- $Q_{des.1} = Q_{\max.daily} + Q_{fire} = 1.7Q_{aver.} + Q_{fire}$

2- $Q_{des.1} = Q_{\max.hourly} = 2.5Q_{aver.}$

وتحسب التصرفات التصميمية للخطوط حسب نوع التخطيط المتبع في الشبكة من حيث كونه نظام شجري أو دائري أو شبكي .

١-حالة النظام الشجري أو الدائري (Tree or ring system)

تطبق المعادلة التالية : $Q_{des.} = Q_{aver.} \times P..F$

حيث :

$Q_{des.}$ = التصرف التصميمي (لتر / ث)

$Q_{aver.}$ = التصرف المتوسط ويُحسب بضرب متوسط استهلاك الفرد اليومي في عدد السكان (لتر/ث)

$P..F$ = معامل الذروة ويتوقف على كون المنطقة المراد تغذيتها حضر أو ريف وأيضاً على عدد السكان ويؤخذ من الجدول التالي :

عدد السكان	حضر Urban	ريف Rural
حتى ٥٠٠٠٠	٢,٢٥	٢
أكبر من٥٠٠٠٠-حتى١٠٠٠٠٠	٢	١,٨
أكبر من١٠٠٠٠٠-حتى٥٠٠٠٠٠	١,٨	١,٦
اكبر من٥٠٠٠٠٠-حتى٠٠٠٠٠٠	١,٦-١,٤	....
اكبر من ١٠٠٠٠٠٠	١,٤-١,٢	....

٢-حالة النظام الشبكي Gridiron system

أ-الخطوط الناقلة Transmission Main

$$Q_{des.} = Q_{\max.daily} + Q_{fire} = 1.7Q_{aver.} + Q_{fire}$$

ب-الخطوط الرئيسية والفرعية Main and Secondary pipes

$$Q_{des.1} = Q_{\max.daily} + Q_{fire} = 1.7Q_{aver.} + Q_{fire}$$

ج-خطوط التوزيع Minor Distributors

تصرف الحريق $Q_{des.} = Q_{fire}$

د-وصلات الخدمة Service connections

أقصى تصرف ساعة $Q_{des.} = Q_{\max.hourly}$

مثال : Example

Find the maximum daily flow and a maximum monthly flow of a city of 200,000 capita if the average per capita water consumption of 200 liters / day? Then compute the fire flow in two ways.

Solution

$$Q_{aver.} = \frac{P \times q}{1000} = \frac{200000 \times 200}{1000} = 40000 m^3/d$$

$$Q_{\max.daily} = (1.6 - 1.8)Q_{aver} = 1.7 \times 40000 = 68000 m^3/d$$

$$Q_{\max.month} = (1.25 - 1.5)Q_{aver} = 1.4 \times 40000 = 56000 m^3/d$$

تصرف الحريق

$$Q_f = 64\sqrt{P}(1-0.01\sqrt{P}) = 64\times\sqrt{200}\times\left(1-0.01\sqrt{200}\right) = 777 \text{ L/s}$$

ومن جدول تصرفات الحريق نجد أن تصرف الحريق ٥٠ لتر/ث وهذا الرقم منطقي حيث أن ٧٧٧ لتر/ث رقم كبير وكمية من المياه كبيرة لايمكن أن تُستهلك لمقاومة الحريق.