

## **ОЦЕНКА НА ЗАГУБИТЕ НА ВОДА В АДМИНИСТРАТИВНИ СГРАДИ**

### **ASSESSMENT OF THE WATER LOSSES IN ADMINISTRATIVE BUILDINGS**

Петя Иванова Петрова, докторант, инж., petia3@abv.bg, УАСГ-катедра ВКПВ

Димитър Аличков, доц. д-р инж., d.alitchkov@abv.bg, УАСГ-катедра ВКПВ

Petya Ivanova Petrova, PhD student, Civ.Eng, petia3@abv.bg,

Dimitar Alitchkov, Assoc. Prof. PhD, Civ. Eng., d.alitchkov@abv.bg, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy-Department of Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment

#### **РЕЗЮМЕ**

Необходимостта от точно определяне и оценка на загубите на вода в сградите се обуславя от високия им процент като част от общото количество доставяно вода до потребителите.

Предмет на настоящия доклад е определяне на параметрите на математически модел на загубите на вода в административни (офисни) сгради. Предложена е конкретна математическа зависимост, която позволява количественото им определяне в зависимост от броя на потребителите и санитарно-техническото оборудване.

#### **Ключови думи**

Водопотребление, загуби на вода, водоснабдителни норми, моделиране на загубите на вода.

#### **ABSTARCT**

Precise determination and assessment of water losses is needed due to their high rate as part of the total water consumption.

The subject the present paper is estimation of the parameters of mathematical model of the water losses in public (administrative) buildings. Particular mathematical expression is proposed, which allows the their determination depending on the number of consumers and sanitary equipment.

#### **Keywords**

Water demand, water losses, water supply norms, modelling of water losses.

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

Република България има ограничени и неравномерно разпределени водни ресурси, а данните за загуби на вода в момента, които са средно за страната по-високи от 60%, показват, че тяхното управление не е на необходимото ниво. Причини за големите загуби са амортизираната водоснабдителна мрежа и множеството аварии. Според оценка на Световната банка, необходимите разходи за рехабилитация и подмяна на мрежата са между 325 и 400 млн. евро годишно, като спешните нужди за рехабилитация и подмяна на водоснабдителните мрежи възлизат общо на 200 млн. евро [6]. За осигуряване на този значителен финансов ресурс, се разчита основно на финансиране по линия на Европейските фондове.

Проблемът със загубите на вода е и в основата на хармонизираното ни законодателство, в т.ч.: намаляване общите загуби на вода при експлоатация на водоснабдителните системи; насърчаване

намаляването на загубите на вода, ефективното и икономичното използване на доставените водни количества от потребителите [5].

За преодоляване на проблема с големите загуби на вода, освен подмяна на амортизираната водоснабдителна мрежа и извършването на необходимите ремонтни дейности, е необходимо периодично изследване на водопотреблението и загубите на вода, както в сградите, така и в селищните водоснабдителни системи, с оглед постигане на европейските и световни изисквания в съответствие с действащото законодателство в тази област.

## **2. ЦЕЛИ**

Необходимостта от точно определяне и оценка на загубите на вода в сградите се обуславя от високия им процент като част от общото количество доставяна вода до потребителите. Предмет на настоящия доклад е определяне на параметрите на математически модел на загубите на вода в административни (офисни) сгради. С активното съдействие на „Софийска вода“ АД, част от VEOLIA, са събрани данни и са извършени измервания с постоянно регистрираща апаратура (Data Logger) на консумираната вода и налягането във водопроводните инсталации, които са обработени чрез прилагането на статистически методи.

Целта на настоящото изследване е определяне на конкретна математическа зависимост, която да позволява количественото определяне на загубите на вода в административни (офисни) сгради в зависимост от броя на потребителите и санитарно-техническото оборудване в тях.

## **3. ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ И АНАЛИЗ НА ДАННИ**

Разходът на вода в сградните водопроводни инсталации може да се разглежда като сума на следните компоненти:

- полезен разход на вода;
- нерационален разход на вода;
- загуби на вода от неизправни водочерпни арматури;
- загуби на вода в мрежата за топла вода, вследствие на изстиване или незагряването ѝ до необходимата температура.

Нерационалният разход на вода възниква при използването на водочерпните арматури, при по-високо от необходимото свободно налягане пред тях. Този вид разход е неотделим от полезния и се определя от регулиращите възможности на водочерпните арматури [2, 3].

Загубите на вода от неизправни водочерпни арматури се определя в зависимост от изменение на налягането в мрежата, вследствие на колебание на режима на водопотребление. Колебанието на налягането се явява като основна причина за течовете от неизправните водочерпни арматури.

Основните начини за установяване и определянето на загубите на вода в сградните водопроводни инсталации са:

- сравняване на действителния и нормативния разход;
- измерване на разхода на вода преди и след ремонт на водочерпните прибори;
- измерване на разхода на вода в обществени и промишлени сгради през нощта и в празнични дни, когато водочерпните арматури не се използват;
- установяване на нощния отток или степента на разреждане на отпадъчните води;
- мониторинг на разхода на вода в сградните водопроводни инсталации чрез устройства за непрекъснато регистриране.

Съществен момент при определяне на големината на загубите е разпределянето им през отделните часове на денонощието [7].

При обработката на събраните през последните две години данни е използван системен статистически подход за анализ на водопотреблението и загубите на вода.

През периода на изследването са проследени още изменението на броя на обитателите и състоянието на санитарно-техническото оборудване.

Същевременно, при определяне на консумацията на вода за всяка представителна сграда, процесът на водопотребление е разгледан като сума от два компонента [1, 4]:

- действителна консумация;
- загуби на вода.

Под загуби на вода се разбира течове, вследствие на неправилната направа на връзките между тръбните системи в сградите, течове от неизправни водочерпни арматури и загуби на вода, вследствие на изстиване на водата в мрежата за топла вода.

Имайки предвид гореизложените изисквания  $P_{ef}$  - средното (ефективно) налягане в сградната водопроводна инсталация се приема за основен параметър в математическия модел на загубите на вода, представен с формула 1 [1, 4]:

$$q_i^h(t) = b_i \int_0^h P_{ef}(t) dt, dm^3 / h \quad (1), \text{ където:}$$

$b_i$  е параметър, който е дефиниран за всеки  $i$  ден за времето, когато няма консумация;

$P_{ef}$  е средното (ефективно) налягане в сградната водопроводна инсталация.

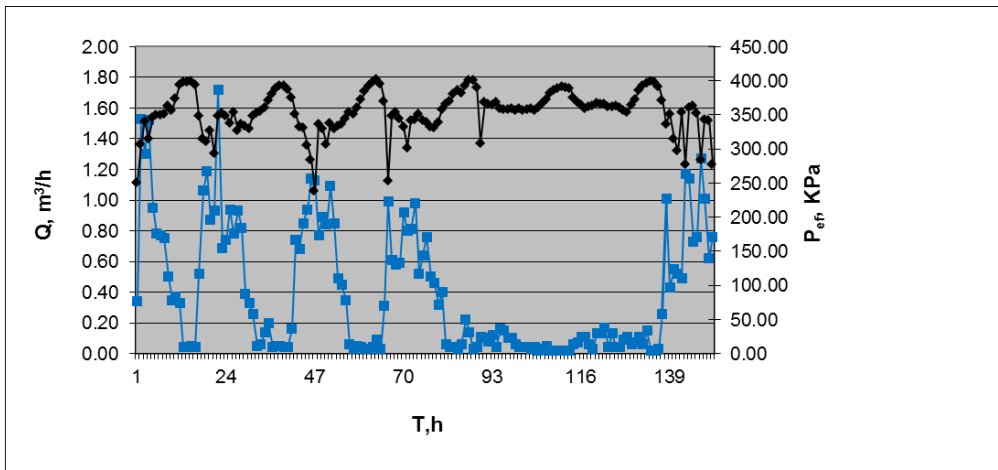
### 3.1. Изходни данни

В таблица 1 по-долу е дадена извадка от информацията за изследваните сгради, в т.ч. местоположение, брой потребители и санитарно-техническо оборудване.

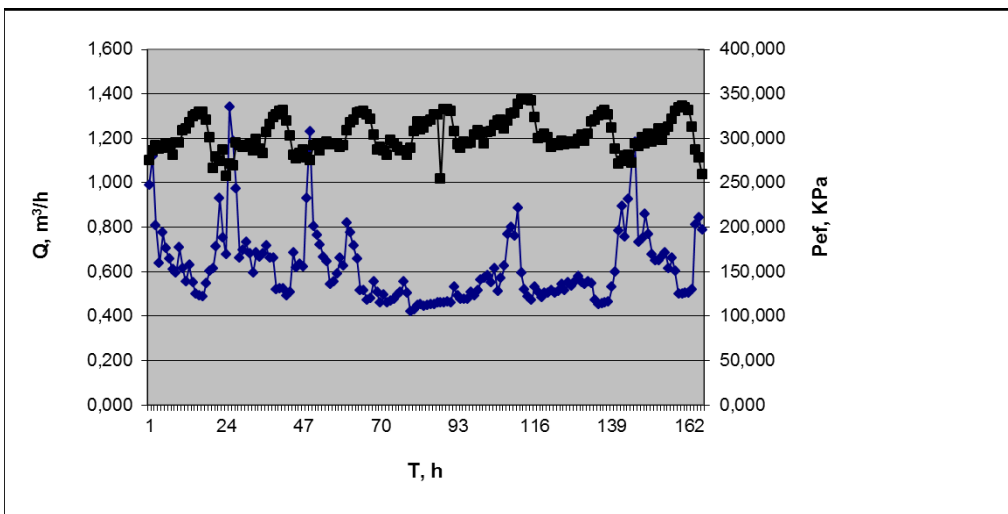
Таблица 1: Информация за изследваните Административни (офисни) сгради

№	ОБЕКТ	Град	Адрес	Тип сграда	Вид дейност	Период на измерване	Големина на сградата (брой етажи)	Брой потребители след водомера	Санитарно оборудване								Еа обща вода	
									Тоалетна мивка бр.	Кухн. мивка бр.	н.р.т.к. бр.	в.р.т.к. бр.	Писоар бр.	Вана бр.	Душ бр.	Пералня бр.		Съдом. машина бр.
1	Столична община	София	ул. Московска 33	административна	офис	2004г.	сутерен, партер, 5 етажа	146 постоянни + 4 денонощна охрана	31	4	0	32	0	0	2	0	0	37,50
2	Столична община	София	бул. В.Левски	административна	офис	2004г.	сутерен, партер, 6 етажа	132 постоянни + 3 денонощна охрана	32	2	0	31	0	0	0	0	0	33,75
3	АГЕНЦИЯ МИТНИЦИ II захранване,	София	ул. Георги Сава Раковски 47,	административна	офис	2015г.	сутерен, партер, 14 етажа	400 постоянни, +20 денонощна охрана	88	13	46	0	25	0	6	0	2	114,00
4	Столична община	София	ул. Лега	административна	офис	2004г.	сутерен, партер, 54етажа	87 постоянни + 3 денонощна охрана	21	1	0	22	0	0	0	0	0	22,50
5	Софийска вода	София	кв. Младост 4, Бизнес парк	административна	офис	2015-2016г.	сутерен, партер, 5 етажа	377 постоянни (50-100) +приходящи сутрин и вечер	32	6	32	0	0	0	0	0	0	38,00
6	АГЕНЦИЯ МИТНИЦИ	София	ул. Веслец	административна	офис	2015г.	сутерен, етажа, таван	200 постоянни+ 3 денонощна охрана	12	1	15	0	0	0	0	0	0	14,50

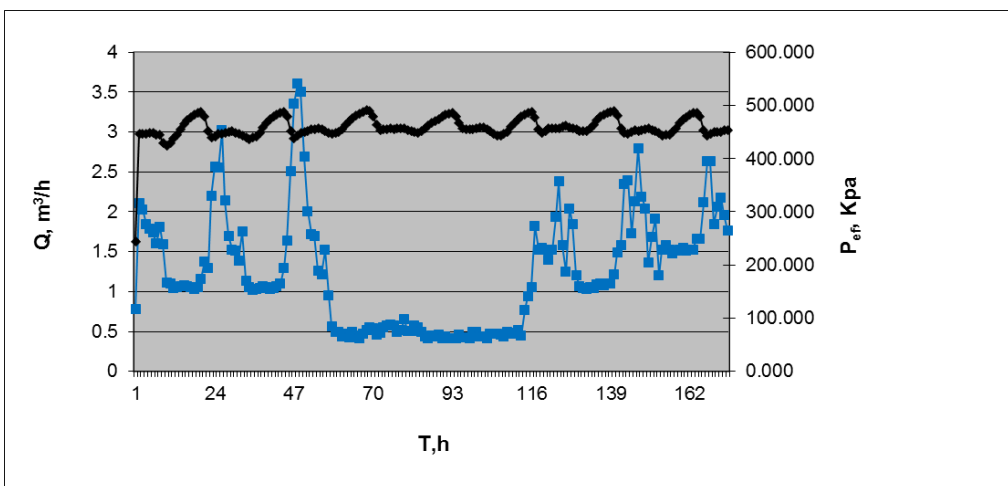
Обработените данни от записите на Data Logger-ите за водопотреблението и средното налягане в изследваните офисни сгради са показани на фиг.1 - фиг.6 по-долу.



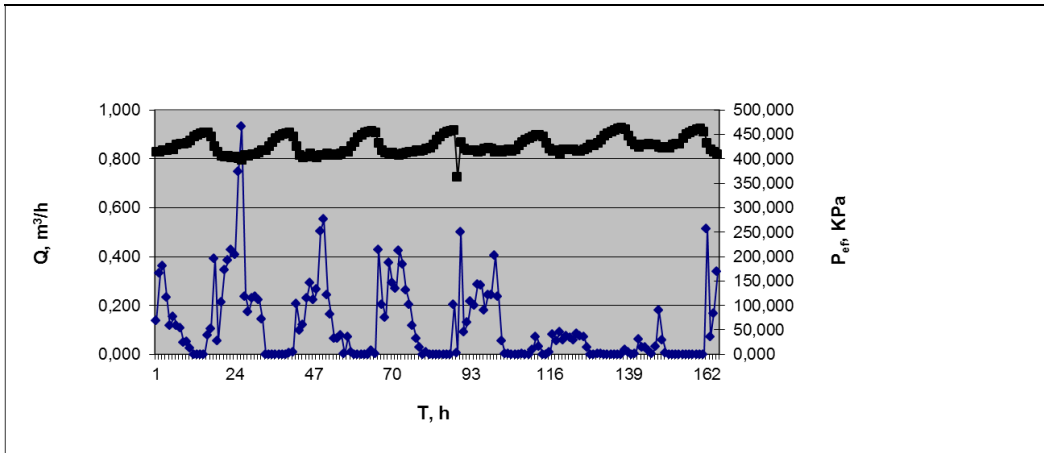
Фигура 1 – Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 1



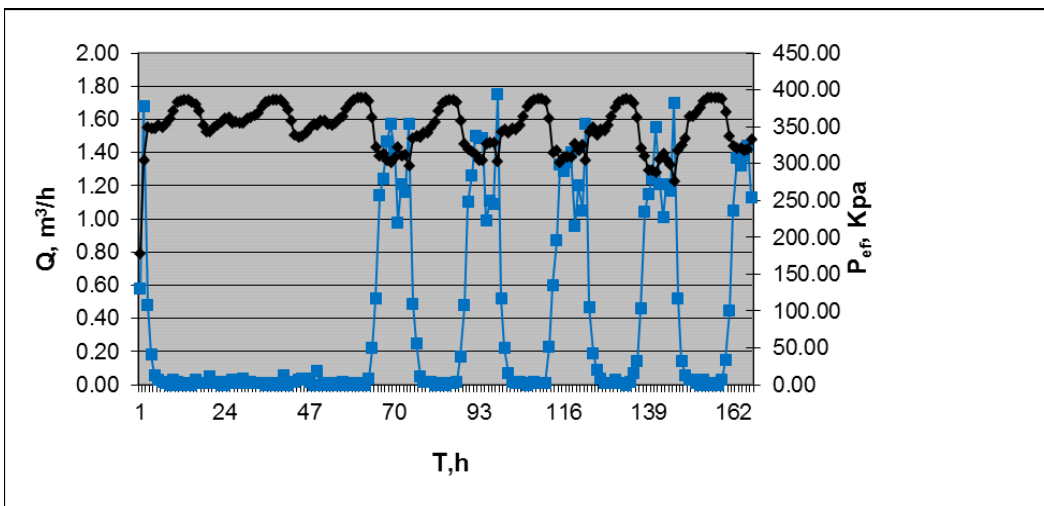
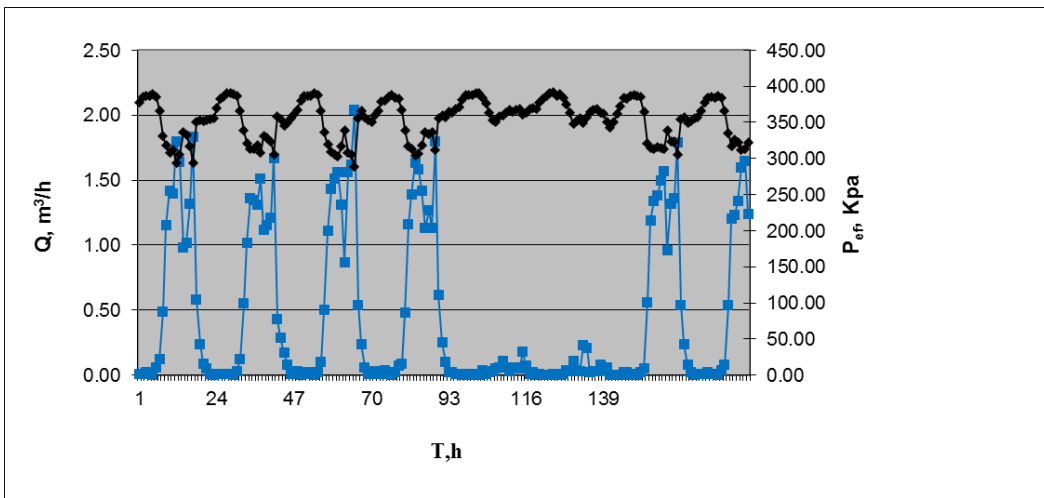
Фигура 2 - Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 2



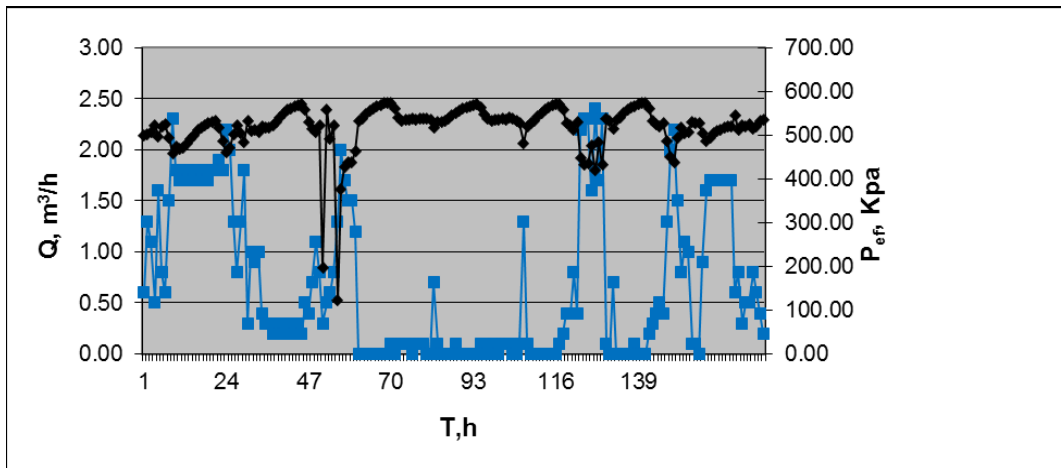
Фигура 3 Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 3



Фигура 4 Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 4



Фигура 5 - Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 5

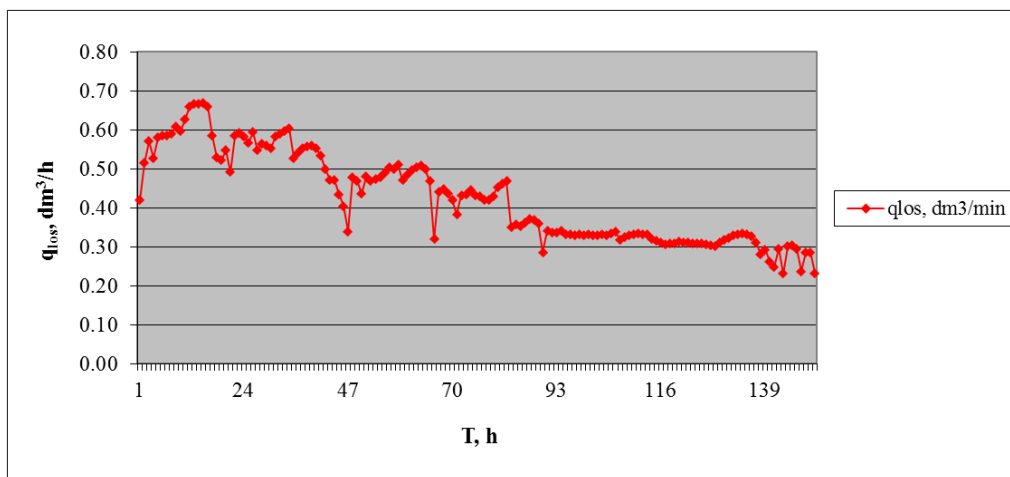


Фигура 6 Изменение на налягане ( $P_{ef}$ ) и консумация на вода ( $Q$ ) в офисна сграда 6

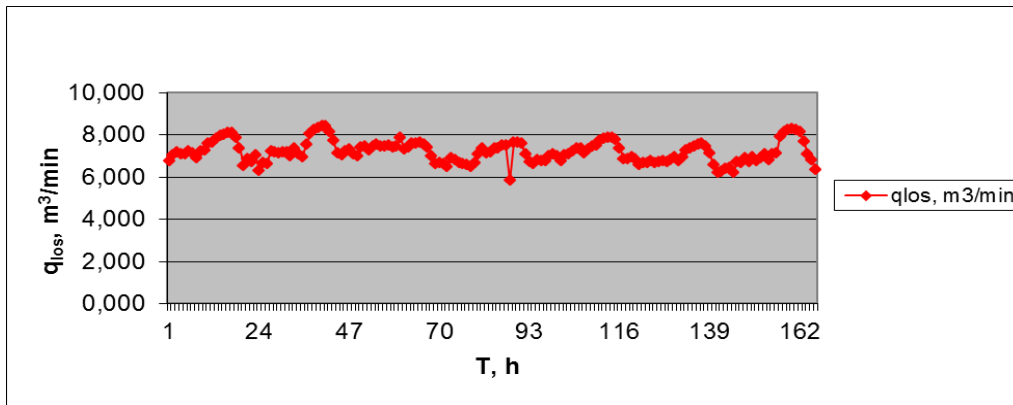
Минималните стойности на ефективното налягане се наблюдават в часовете с максимална консумация на вода – сутрин (в началото на работното време), по обяд (по време на обедната почивка) и след обяд (към края на работното време). Максималните стойности на ефективното налягане се наблюдават в часовете без консумация – извън работно време и най-вече през малките часове на денонощието. Ефективното налягане и водопотреблението се изменят не само през денонощието, но и през почивните и работните дни. За това, при обработка на данните са разгледани двата случая по отделно: за работни и за почивни дни [4].

### 3.2. Загуби на вода

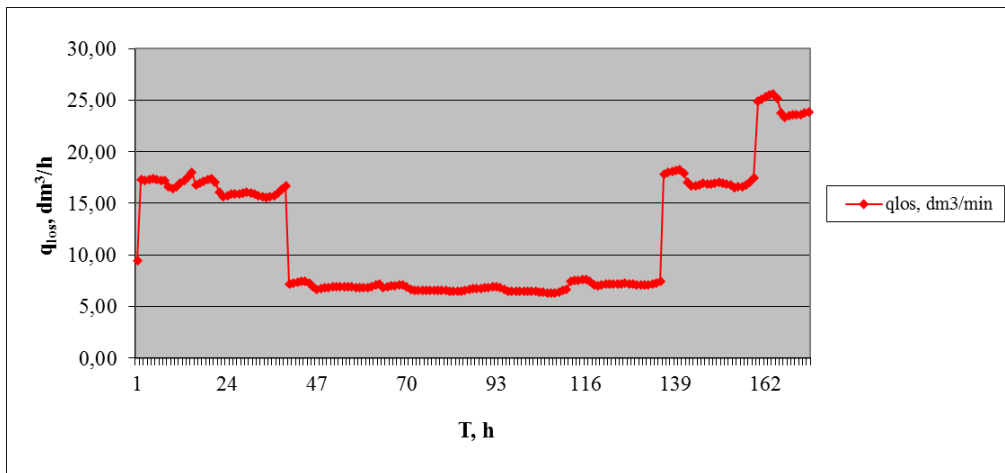
Резултатите за загубите на вода в изследваните сгради, получени на база на посочения по-горе математически модел за периода на изследването, са показани на фиг. 7 - фиг.10 по-долу:



Фигура 7 Загуби на вода ( $q_{ios}$ ) в офисна сграда 1

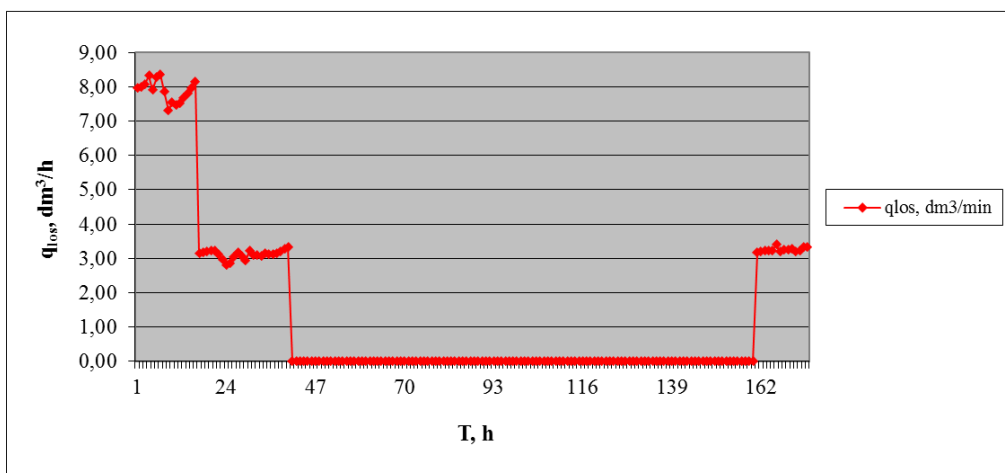


Фигура 8 Загуби на вода ( $q_{los}$ ) в офисна сграда 2



Фигура 9 Загуби на вода ( $q_{los}$ ) в офисна сграда 3

Поради висока степен на санитарно-техническа поддръжка на водопроводната инсталация, в сграда 4 и сграда 5 няма загуби на вода.



Фигура 10 Загуби на вода ( $q_{los}$ ) в офисна сграда 6

### 3.3. Определяне загубите на вода в зависимост от броя на потребителите и санитарно - техническото оборудване

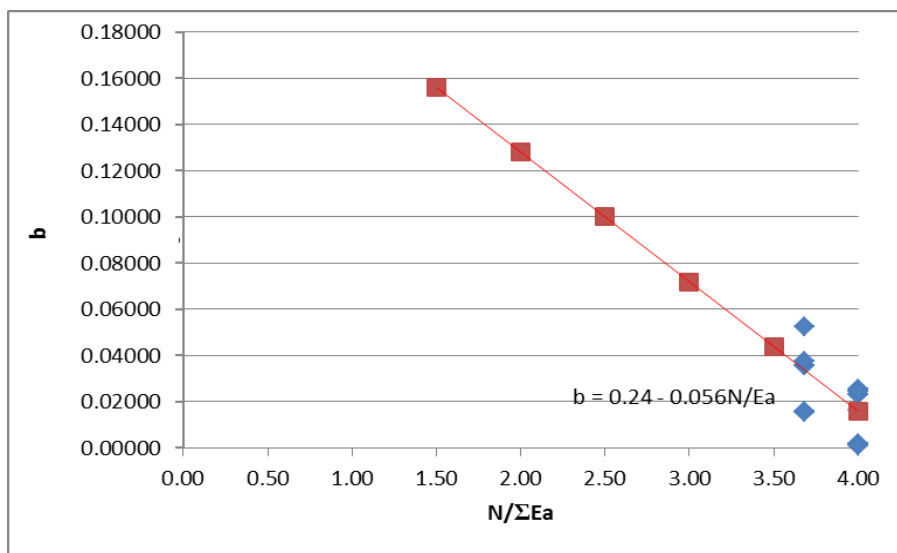
При статистическата обработка на данните се забелязва зависимост между степента на поддръжка на водопроводната инсталация в представителните сгради и загубите на вода. Предвид това, за количественото определяне загубите на вода е потърсена зависимост на параметъра в математическия

модел на загубите на вода  $b_i$  от броя на потребителите в сграда  $j$  ( $N_j$ ) и санитарно-техническото оборудване в сграда  $j$  (брой еквивалентни прибори -  $E_{aj}$ ).

За достоверност на резултатите, при обработката на данните е приет подход за разделяне на разглежданите представителни сгради в три основни типа: с високо ниво на поддръжка (тези сгради, които имат нулеви или много малки загуби на вода и за които съотношение  $0 \leq q_{los}/\sum E_{aj} \leq 0,025$ ), със средно ниво на поддръжка (тези сгради, за които съотношението  $0,025 < q_{los}/\sum E_{aj} \leq 0,1$ ) и с ниско ниво на поддръжка (тези сгради, за които съотношението  $q_{los}/\sum E_{aj} > 0,1$ ). От най-голямо значение за изследването представляват сградите с различни от нула загуби на вода за целия период на измерване, където зависимостта е най-силно изразена. Анализирани са получените данни за параметъра  $b_i$  и отношението на броя на потребителите ( $N_j$ ) и сумарния еквивалентен брой санитарно-технически прибори ( $\sum E_{aj}$ ).

За установяване математическа зависимост на параметъра  $b_i$  като функция на броя на потребители и санитарно-техническото оборудване, е използван регресионен анализ, в резултат на който е получен следния математически израз:

$$b_i = 0,24 - 0,056 \cdot \frac{N_j}{\sum E_{aj}}$$



Фигура 11 Математическа зависимост  $b_i=f(N_j/\sum E_{aj})$

Като заместим полученият израз за  $b_i$  в уравнение (1), се получава:

$$q_i^h(t) = (0,24 - 0,056 \cdot \frac{N_j}{\sum E_{aj}}) \int_0^h P_{ef}(t) dt, \text{ dm}^3 / h \quad (2),$$

където:

$N_j$  е броя потребители в сграда  $j$ ;

$\sum E_{aj}$  - санитарно-техническото оборудване в сграда  $j$  (брой еквивалентни прибори);

$P_{ef}$  - средното (ефективно) налягане в сградната водопроводна инсталация.



#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Извършени са изследвания на загубите на вода в представителни офисни сгради в гр. София, като е използван системен статистически подход;
- Събраните данни представляват оптимизирана извадка, която позволява да се направи детайлен анализ на загубите на вода;
- Въз основа на приет математически модел, са определени загубите на вода в изследваните сгради;
- Предложена е конкретна математическа зависимост за количествено определяне загубите на вода в сгради със средно ниво на поддръжка в зависимост от отношението на броя на потребителите в сграда  $j$  ( $N_j$ ) и санитарно-техническото оборудване в сграда  $j$  (брой еквивалентни прибори -  $E_{aj}$ ).

Авторите изказват своята голяма благодарност на „Софийска вода” АД, част от VEOLIA за оказаното им съдействие във връзка с извършване на измерванията и предоставянето на необходимите за анализа данни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аличков, Д., Определяне на параметрите на статистически модел на водопотреблението, Годишник на ВИАС, т. XXXVII, София, 1994.
2. Димитров, Г., Аличков, Д., Изследване на загубите на вода в обществени и административни сгради на град София, Водно дело, 1, 1993.
3. Димитров, Г., Повишаване ефективността на водоснабдителните системи в Република България, хабилитационен труд, София, 2004.
4. Иванова, П., Аличков, Д., Оценка на разхода на вода в административни сгради, Осма международна конференция БУЛАКВА 2016, София, България, 2016.
5. Закон за регулиране на водоснабдителните и канализационните услуги в сила от 20.01.2005 г.
6. Оперативна програма „Околна среда 2014-2020г.“, одобрена с решение на ЕК от 15.06.2015г.
7. Verbitsky A. S., Mathematical Models for Calculation of Water Supply Networks based on their Stochastic Characteristics. Integrated Computer Applications in Water Supply. John Willy&Sons Inc. New York.