



Получена: 20.12.2019 г.

Приета: 22.01.2020 г.

ПРОУЧВАНЕ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕТО В ДЕТСКИ ЗАВЕДЕНИЯ

В. Радованов¹, Е. Цанов², Д. Аличков³

Ключови думи: водопотребление, загуби на вода в сгради, денонощен разход на вода, статистическа функция на разпределение, часови графици на водопотребление

РЕЗЮМЕ

Представени са резултати от изследване на водопотреблението в детски заведения. Проучването е проведено на територията на Столична община и обхваща 17 сгради. Анализирани са едноминутни измервания в продължение на 272 денонощия на разхода на вода и налягането в сградите през различни сезони. Установени са загубите на вода в различните типове детски заведения. Представени са диференциалните и интегралните криви на теоретичното разпределение, както и основните статистически параметри, описващи денонощното и часовото водопотребление. Въз основа на получените теоретични резултати са предложени типизирани часови графици на водопотреблението в отделните категории детски заведения за работни дни. Сравнени са получените средни стойности на потреблението на вода и водоснабдителните норми за сгради от същия тип, както и са направени препоръки относно тяхната актуализация.

1. Въведение

Анализът на разхода на вода с оглед на определянето на бъдещото водопотребление е задача с голяма значимост за правилното проектиране, експлоатация и управление

¹ Виден Радованов, д-р инж. кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: v_radovanov@abv.bg

² Емил Цанов, д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: e.tsanov@nemoconsult.net

³ Димитър Аличков, проф. д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: d.alitchkov@aquains.com

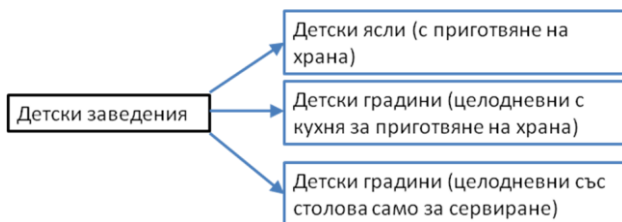
не само на сградните ВиК инсталации, но и за селищните водоснабдителни и канализационни системи като цяло. И тъй като разходът на вода зависи от много фактори, включително климатични и социално-икономически, то при промяна на който и да е от тях е необходимо да се отчете влиянието му върху водопотреблението, което изисква актуализация не само на водоснабдителните норми, но и на методите за определяне на оразмерителните водни количества и експлоатационни изисквания.

В Република България през последните повече от 30 години не са правени промени както във водоснабдителните норми, така и в методиките за оразмеряване на сградните ВиК инсталации. Реално ние не знаем доколко същите са адекватни в настоящия момент и доколко могат да бъдат използвани в бъдеще. Очевидно е необходимо това да се установи, чрез непосредствено измерване и анализ на разхода на вода в различните типове сгради. Предмет на настоящата статия е изследване на водопотреблението в детски заведения.

2. Обхват на измерванията

В настоящата статия са показани резултатите от изследване на водопотреблението в 17 детски заведения на територията на Столична община, реализирано в периода от 14.11.2018 г. до 14.12.2019 г. Измерването на разхода на вода и налягането е осъществено с помощта на електронни записващи устройства (логери) с едноминутен интервал от време към общите водомери на сградите в продължение на общо 272 денонощия, обхващащи всички сезони.

За целите на настоящото изследване детските заведения са разделени на три категории, представени на фиг. 1.

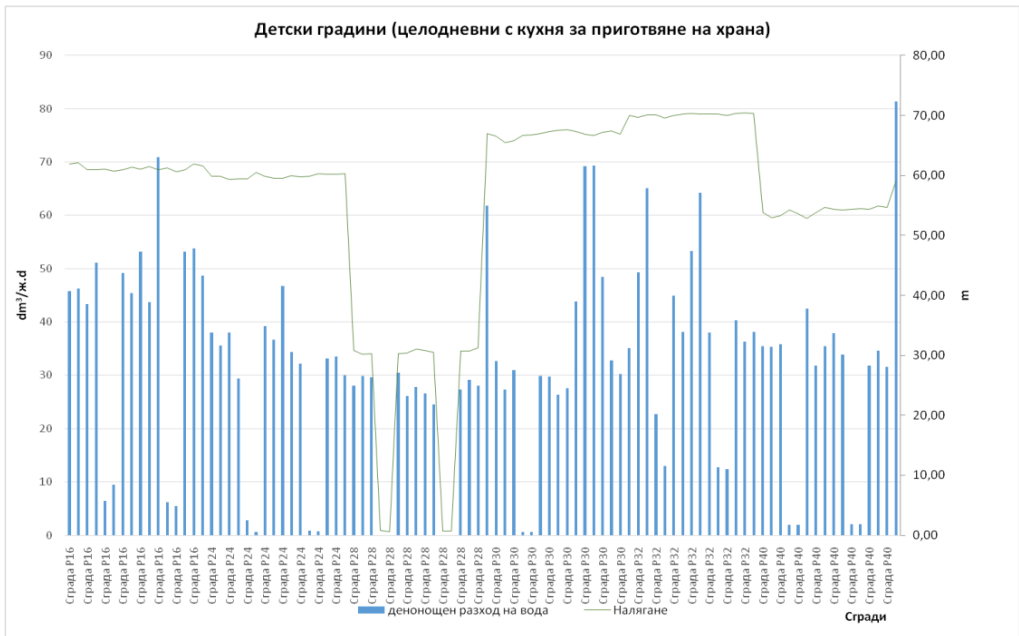
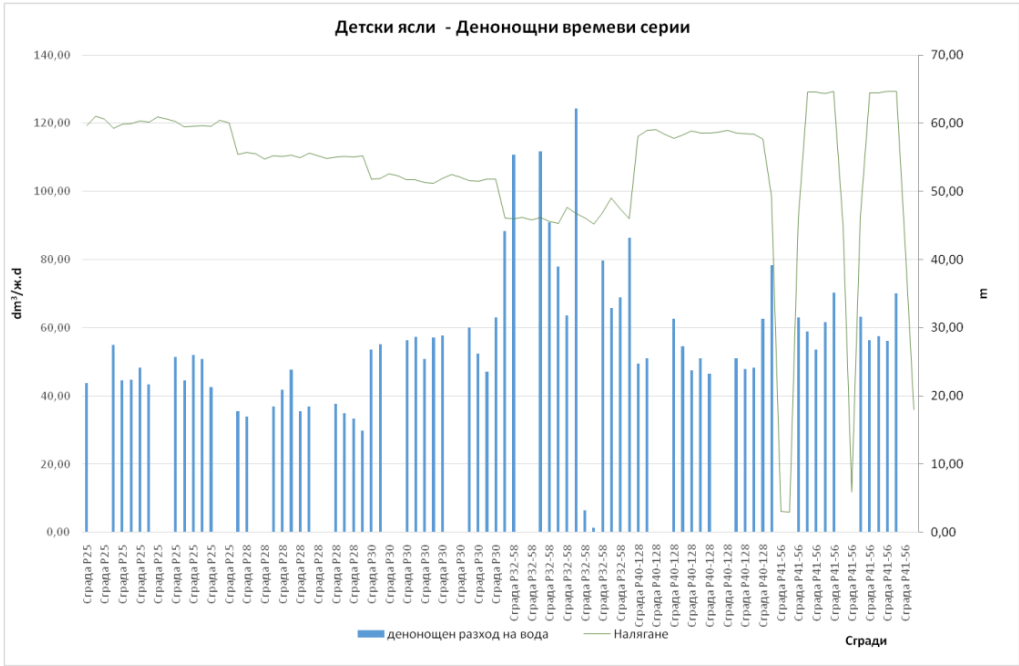


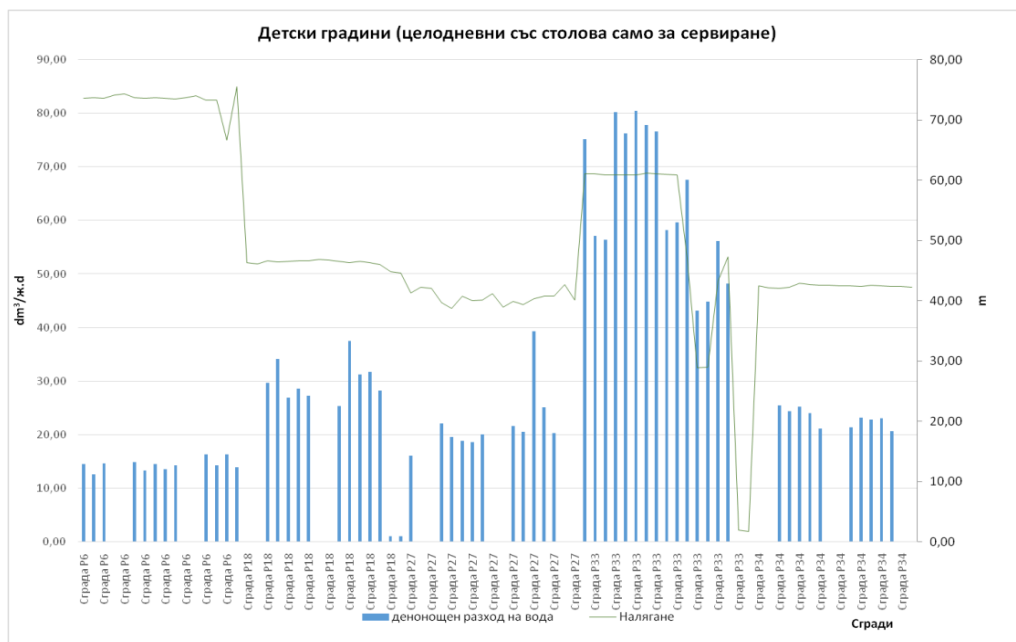
Фиг. 1. Категории на детските заведения

За всяка една сграда е събрана детайлна информация включваща:

- брой на децата в детското заведение;
- брой на персонала в детското заведение;
- данни за приготвяне на храна в детското заведение;
- работно време на детското заведение;
- вид на сградната водопроводна инсталация;
- данни относно общия водомер на сградата;
- брой и тип на помещенията в сградата;
- санитарно-техническо оборудване на сградата;
- площ на дворното място и наличие на поливна система.

3. Обработка на данните и получени резултати





Фиг. 2. Денонощни водни количества и налягания

Получените данни от едноминутните измервания на разхода на вода и налягането са обработени в следната последователност:

- проверка за наличие на груби грешки;
- отстраняване на грубите грешки;
- верификация на изходните параметри;
- организиране на различни масиви в зависимост от анализите, които се правят: часови и денонощни времеви серии.

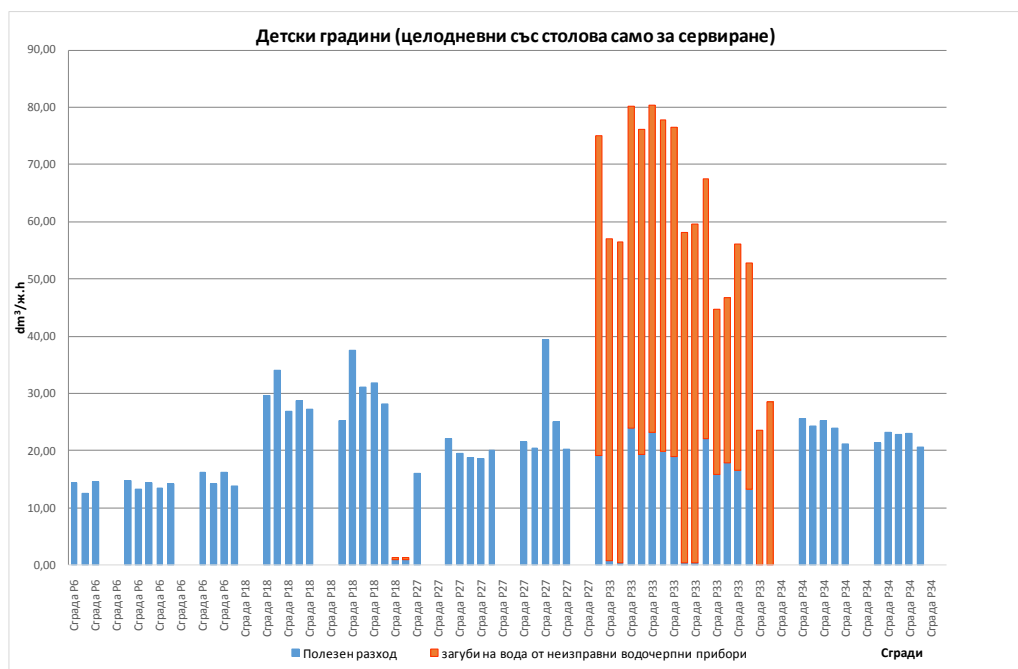
Получените резултати за денонощните водни количества, отнесен към един потребител, са показани на фиг. 2.

Вижда се, че за по-голямата част от детските заведения водата се използва само в работните дни, а в почивните дни няма потребление, което е очаквано предвид работното им време.

Наличието на загуби на вода може да деформира значително анализите на действителното водопотребление, поради което те са отделени като отделен компонент.

Под **загуби на вода** се разбират течове от водопроводната инсталация, дължащи се на неизправни и временно забравени в отворено състояние водочерпни прибори и други течове като спукани тръби и неводоплътни връзки, които не се оползотворяват за питейно-битови и хигиенни нужди. За ВиК оператора същите не се разглеждат като „загуби на вода”, които не носят приходи, тъй като тези водни количества се отчитат от сградните водомери и се инкасират.

В така разглеждания контекст загубите на вода са оценени на база на анализ на минималните нощни разходи, като са използвани времевите серии с интервал от 1 минута.



Фиг. 3. Денонощни водни количества и налягане в детските градини с кухни за приготвяне на храна

Установени са параметрите на математически модел на загубите, който има следния вид [1]:

$$q_{\text{заг.},j}^i = b_i \int_{j-1}^j p_j dt, \quad (1)$$

където $q_{\text{заг.},j}^i$ са загубите на вода в j -ия час на измервателна кампания i ;

b_i – коефициент, който се определя за всяка измервателна кампания i за времето, без полезен разход на вода. Параметър, който се определя за всяко денонощие чрез анализ на кратковременните нощни разходи на вода [2];

p_j – налягането на входа на сградната водопроводна инсталация в j час.

Въз основа на определения модел на загубите на вода от неизправни водочерпни прибори са получени времеви серии на нетния (полезния) разход на вода (фиг. 3).

Вижда се, че в детските градини с кухни за приготвяне на храна има значително по-голям разход на вода през работните дни, но също така се наблюдава и постоянно потребление през почивните дни, което се дължи на загуби на вода в техните сградни водопроводни инсталации.

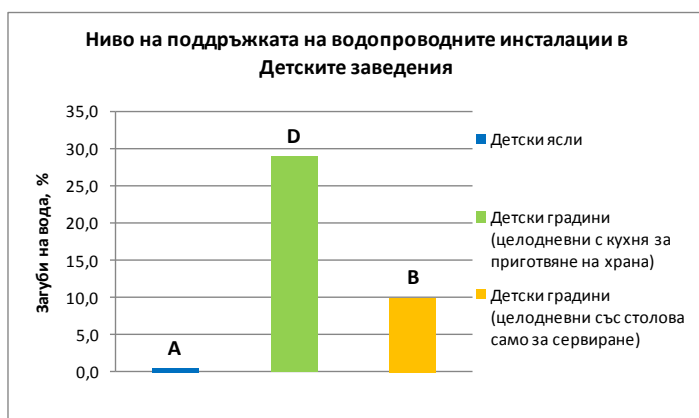
От показаните резултати се вижда наличието на значителни загуби на вода в някои обекти и нулеви стойности на този показател за други сгради от типа „детски заведения“.

С цел осъществяване на сравнителен анализ на водопотреблението в различните сгради е прието същите да бъдат класифицирани в зависимост от големината на загубите на вода по критериите, показани в табл. 1 [3].

Таблица 1. Класификация на сградите спрямо нивото на поддръжка на сградната водопроводна инсталация

Ниво на поддръжка	Загуби на вода, %	Описание
A	0 - 5	Много добро (високо) ниво на поддръжка
B	6 - 15	Добро ниво на поддръжка
C	16 - 25	Лошо ниво на поддръжка
D	> 25	Много лошо (липса) ниво на поддръжка

Получените резултати за различните нива на поддръжка на сградните им инсталации са показани на фиг. 4.

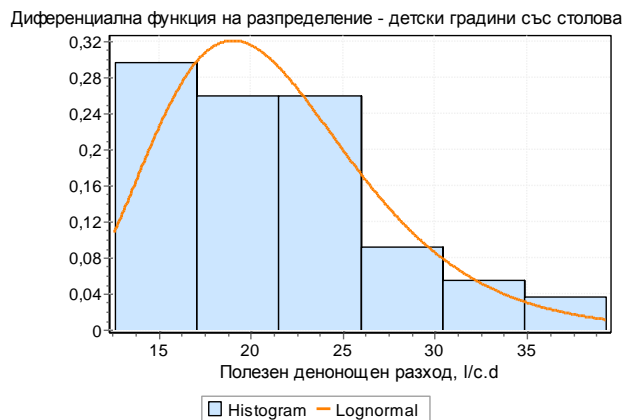
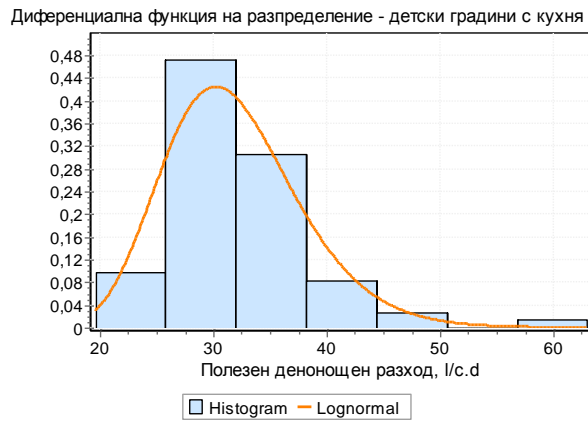
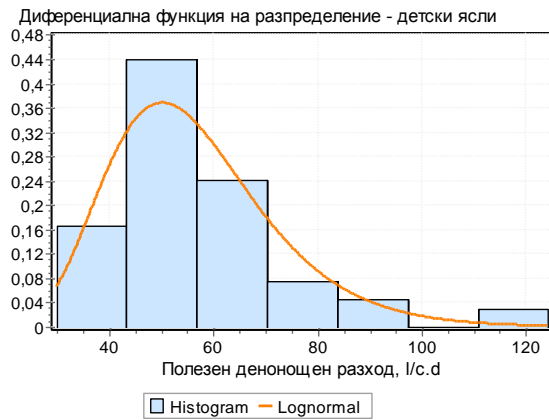


Фиг. 4. Класификация на детските заведения в зависимост от нивото на загубите на вода

Вижда се, че за детските ясли, участващи в изследването, са отчетени загуби на вода около 0,5%, което отговаря на много високо ниво на поддръжка на сградната водопроводна инсталация. За другите две категории детски заведения проблемът със загубите на вода е значително по-изразен. Стойността на този параметър за детските градини със столова е 10%, което означава добра поддръжка на инсталацията. Още по-големи са загубите на вода за детските градини с кухня, където стойността е 29%, съответстваща на много лошо ниво на поддръжка на сградните им водопроводни инсталации. Подобни стойности на загубите на вода са получени при изследване на детски заведения в гр. Кампинас, щата Сао Паоло, Бразилия [4]. За някои сгради загубите на вода варират от 20% до 50%, за други с по-добра поддръжка на сградната водопроводна инсталация резултатите са близки до 0%.

Извършен е статистически анализ на получените времеви серии на нетните денонощни разходи на вода, отнесени на един потребител за едно денонощие. Получени са теоретичните, диференциалните и интегралните функции за разпределение на водопотреблението.

На фиг. 5 са представени разпределението на експерименталните измервания и получените в резултат на тях теоретични диференциални криви на разпределение, които и за трите типа сгради са от тип „логнормално” [5].



Фиг. 5. Експериментални резултати и теоретични диференциални криви на разпределение

В табл. 2 са представени основните статистически параметри на водопотреблението на един обитател за едно денонощие, като са дадени и съответните му стойности с различна обезпеченост за изследваните категории детски заведения – 5%, 50%, 85%, 90%, 95%, 99%.

Таблица 2. Водопотребление на 1 обитател с различна обезпеченост за изследваните категории детски заведения

Детски ясли, l/c.d		Детски градини (целодневни с кухня за приготвяне на храна), l/c.d		Детски градини (целодневни със столова само за сервиране), l/c.d	
Статистически параметри	Дни	Статистически параметри	Дни	Статистически параметри	Дни
	Работни		Работни		Работни
Математическо очакване	56.53	Математическо очакване	31.91	Математическо очакване	21.46
Мода	47.64	Мода	29.35	Мода	17.77
Дисперсия	290.24	Дисперсия	39.01	Дисперсия	44.28
Средно квадратично отклонение	17.04	Средно квадратично отклонение	6.25	Средно квадратично отклонение	6.65
Коефициент на асиметрия	1.37	Коефициент на асиметрия	0.95	Коефициент на асиметрия	1.54
Коефициент на ексцес	3.49	Коефициент на ексцес	1.63	Коефициент на ексцес	4.47
Стойност с обезпеченост 5 %	35.38	Стойност с обезпеченост 5 %	23.43	Стойност с обезпеченост 5 %	13.49
Стойност с обезпеченост 50 %	53.32	Стойност с обезпеченост 50 %	31.02	Стойност с обезпеченост 50 %	20.11
Стойност с обезпеченост 85 %	72.70	Стойност с обезпеченост 85 %	38.12	Стойност с обезпеченост 85 %	27.65
Стойност с обезпеченост 90 %	78.62	Стойност с обезпеченост 90 %	40.14	Стойност с обезпеченост 90 %	30.01
Стойност с обезпеченост 95 %	88.57	Стойност с обезпеченост 95 %	43.43	Стойност с обезпеченост 95 %	34.03
Стойност с обезпеченост 99 %	111.76	Стойност с обезпеченост 99 %	50.65	Стойност с обезпеченост 99 %	43.61

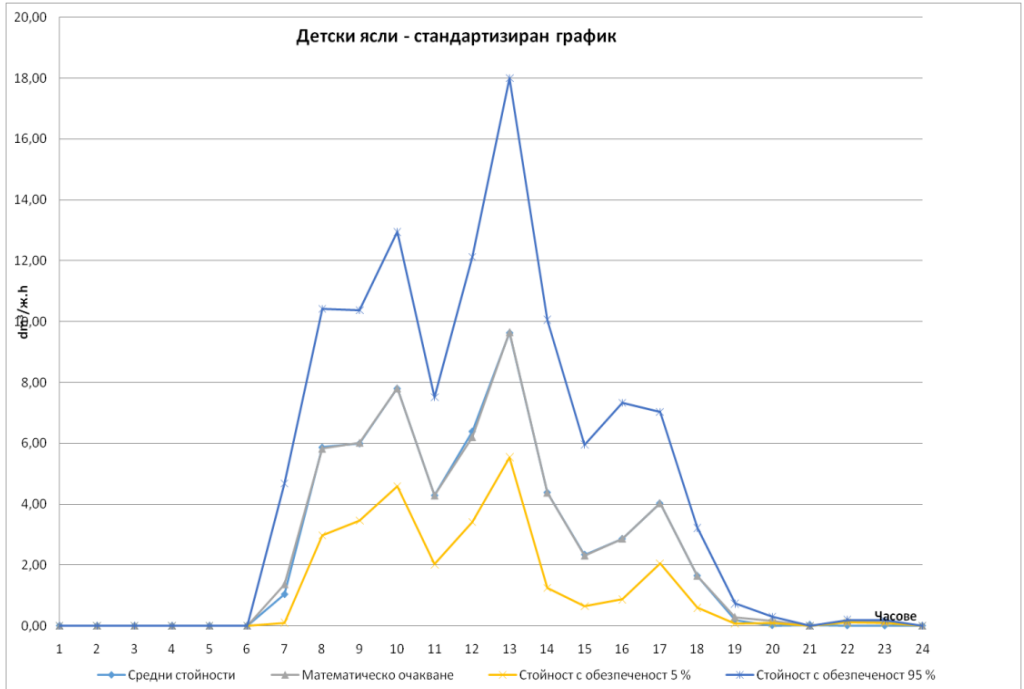
За получаване на стандартизираните часови графици за отделните категории детски заведения са обработени времевите серии за всеки час j ($j = 1, 2, 3, \dots, 24$). Получени са теоретичните диференциални и интегрални функции за разпределение на водопотреблението, отнесено към един потребител за един час. Отново като теоритично разпределение, което описва най-добре изследваното явление, е прието „логнормалното” [5].

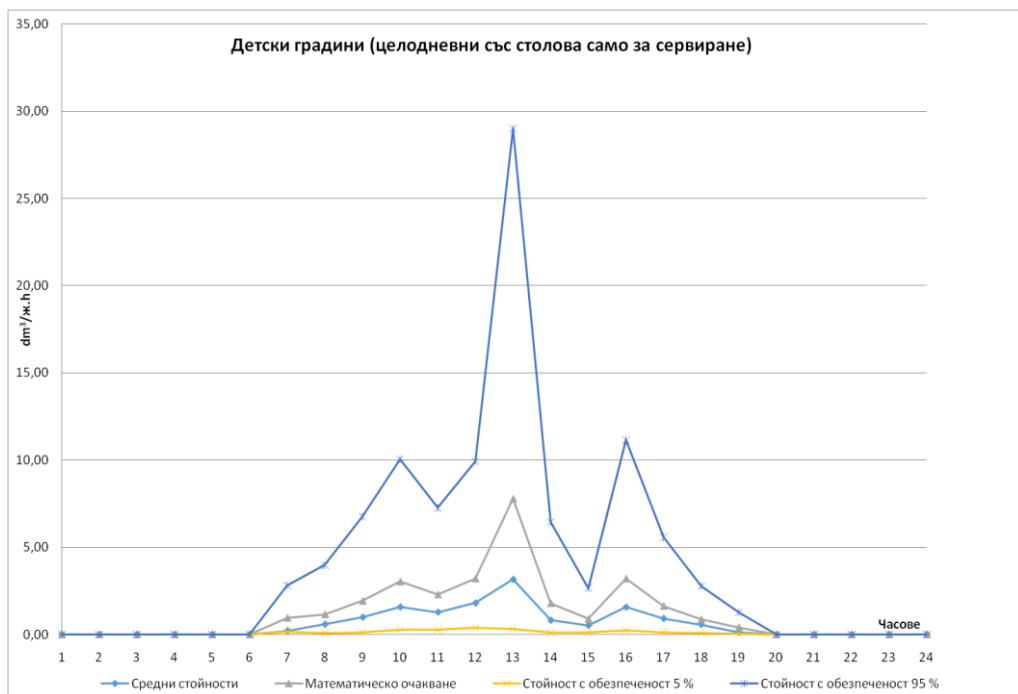
Графиците за работни дни са представени на фиг. 5, като е използвана средната стойност от извадката, математическото очакване и обезпеченост с 5% и 95% на генералната съвкупност спрямо избраното теоритично разпределение за всеки час j .

На фиг. 6 са представени стандартизирани часови графици, които са изготвени на базата на процентното съотношение между математическото очакване на генералната съвкупност за всеки час j и средноденошното водопотребление в детското заведение.

От получените резултати се вижда, че и за трите категории детски заведения максимално часовият пик се явява в 13 часа. Наблюдават се и други два пика около 9 – 10 часа сутринта и 16 – 17 часа следобед, което е характерно за тези видове сгради и тяхното предназначение.

Ако се направи сравнение между водоснабдителната норма за определяне на максимално часовото водно количество за детските ясли (18 л/дете.час) [6] и максимално часовия пик с обезпеченост 95% в тази категория детски заведения, се вижда, че стойностите напълно съвпадат. Нормата за същото характерно водно количество за детските градини с приготвяне на храна е същата – 18 л/дете.час. За тази категория детски заведения обаче полученото максимално часово количество от стандартизирания часови график с обезпеченост 95% е почти 3 пъти по-високо от нормата. Водоснабдителната норма за максималното часово количество за детските градини със сервиране на храна е 10 л/дете.час, а за сравнение резултатът от изследването показва 3 пъти по-висока стойност.





Фиг. 5. Стандартизирани часови графици

От резултатите, получени при стандартизираните часови графици като процент от средноденонощното водопотребление, се вижда, че максимално часовият пик за детските ясли е около 17% средноденонощна консумация, а за двете категории детски градини пикът е около 26%.

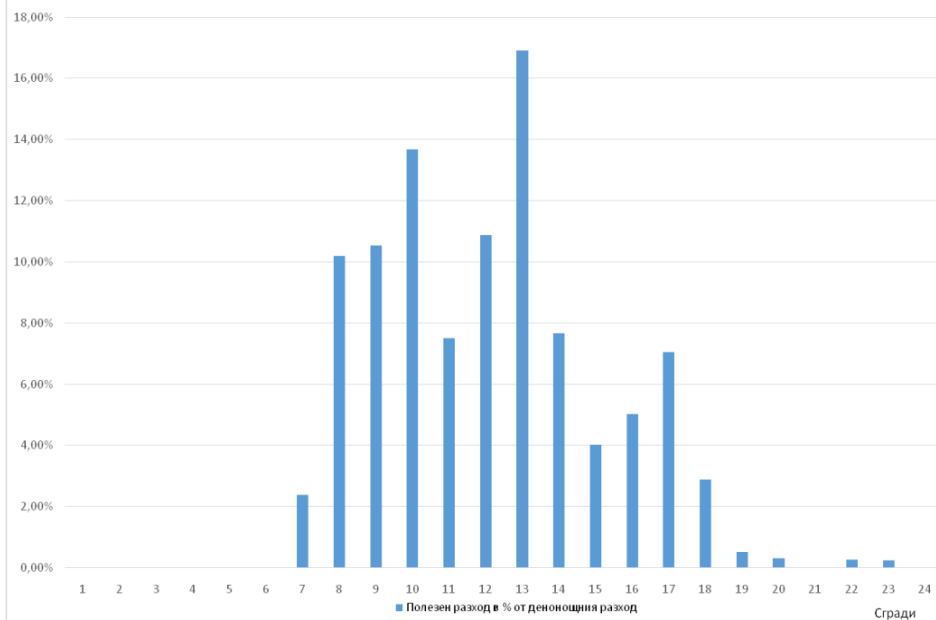
В табл. 3 е представено сравнение между получените крайни резултати от статистическата обработка на данните от изследването и характерните водни количества от Наредба № 4 за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни ВиК инсталации [6]. Вижда се, че има значително разминаване между математическото очакване и стойностите на денонощното водопотребление с обезпеченост 95% за детските ясли и детските градини с приготвяне храна, при положение, че използваните в момента норми са еднакви за тези две категории детски заведения.

При сравнение на математическото очакване и стойностите на денонощното водопотребление с обезпеченост 95% на всяка една категория детски заведения се наблюдават различни отклонения от водоснабдителните норми за средно и максимално денонощно водно количество.

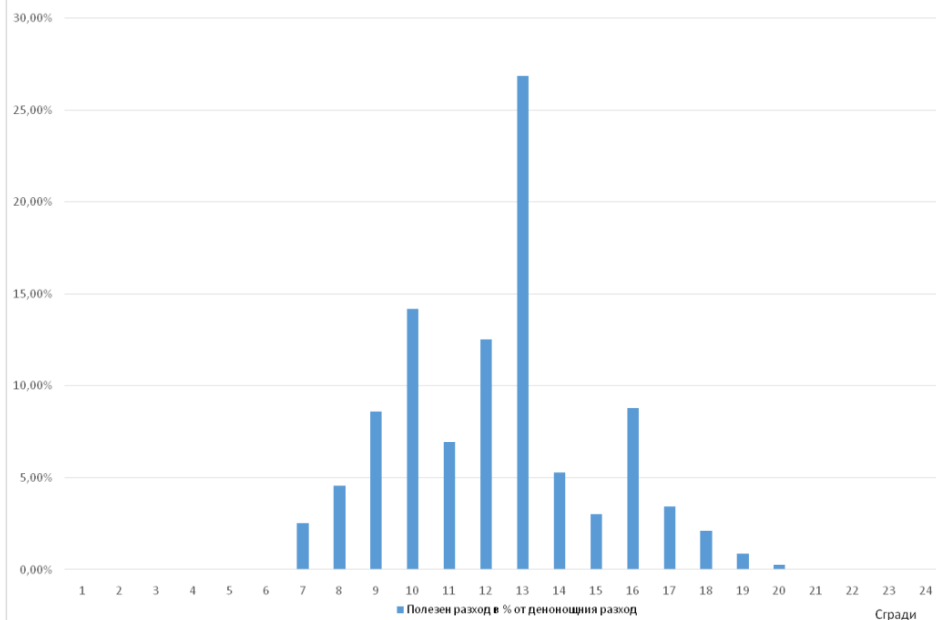
Стойностите на водопотреблението за детските ясли са по-малки с 25% за средно денонощното и 16% за максимално денонощното водно количество.

При детските градини с приготвяне на храна стойностите от изследването се различават с още по-голям процент – 58% по-малка стойност спрямо средно денонощната норма и 59% по-малка стойност спрямо максимално денонощната норма.

Детски ясли - стандартизиран график в % от денонощния разход на вода



Детски градини (целодневни с кухня за приготвяне на храна)





Фиг. 6. Стандартизирани часови графици като процент от средноденощното водопотребление

Таблица 3. Крайни резултати от статистическата обработка на данните от изследването

Водопотребление	Детски ясли	Детски градини (целодневни и с кухня за приготвяне на храна)	Детски градини (целодневни и със столова само за сервиране)
	dm ³ /дете.дн	dm ³ /дете.дн	dm ³ /дете.дн
Водоснабдителна норма за определяне на ср. ден. водно количество съгласно Наредба 4	75	75	21,5
Водоснабдителна норма за определяне на макс. ден. водно количество съгласно Наредба 4	105	105	30
Математическо очакване (теоритично разпред.)	56,53	31,91	21,46
При 85% обезпеченост (теоритично разпред.)	72,70	38,12	27,65
При 90% обезпеченост (теоритично разпред.)	78,62	40,14	30,01
При 95% обезпеченост (теоритично разпред.)	88,57	43,43	34,03
Отн. разлики на матем. очакване от водосн. норма за опред. на ср. денонощните водни кол. ,%	-25	-58	-0,2
Отн. разлики на водн. кол. с 95% обезпеченост от водосн. норма за определяне на макс. ден. водни количества, %	-16	-59	+13

Математическото очакване за детските градини само със сервиране е почти равно на нормата за средно денонощното водопотребление, а резултатът на консумация в този тип сгради с обезпеченост 95% е по-висок от нормата за максимално денонощно водопотребление спрямо Наредба № 4.

При сходно изследване на консумацията на вода в детски заведения в гр. Болония, Италия [7] е получена средна стойност за детски ясли от 56,7 л/дете.ден и 40,6 л/дете.ден за детски градини. Съгласно представени данни от табл. 3 се вижда, че математическото очакване за детските ясли съвпада почти изцяло. Стойността на математическото очакване за детските градини с приготвяне на храна за гр. София е с около 21% по-ниска, а за детските градини само със сервиране е два пъти по-малка от тази за детските градини в гр. Болония.

4. Заключение

Проведено е изследване на водопотреблението в детски заведения на територията на гр. София, при което са определени загубите на вода и водопотреблението на дете за различни времеви интервали.

Данните показват много добро ниво на поддръжка на водоснабдителните инсталации в детските ясли със загуби на вода от 0,4%, докато при детските градини нивото на поддръжка е доста по-ниско. При детски градини със столова то е добро (9,9%), а при детски градини с кухня много лошо (28,9%).

Данните за водопотреблението са сравнени с нормите от Наредба № 4 и показват, че има значително отклонение между нормативните и измерените стойности при детските ясли и детските градини с кухня. И при двете измерените стойности са по-малки от нормативните, като разликите са от 25% за средно денонощните до 59% за максимално денонощните количества. При детските градини със столова няма разлика по отношение на средно денонощните количества, но при максимално денонощните количества е измерено по-голямо водопотребление с 13%. Това означава, че разходите на вода за приготвяне на храна са значително по-малки от заложените, макар и неявно, в Наредба № 4. По отношение на максимално часовите водни количества при детските ясли нормативните и измерените стойности се припокриват. Но при детските градини наблюдаваните стойности са почти 3 пъти по-големи.

Представените данни показват значително отклонение на наблюдаваните спрямо нормативно заложените стойности и това води до грешно оразмеряване на различните елементи от водоснабдителни инсталации: едни базиращи са на денонощни, а други на часови водни количества.

Необходимо е допълнително изследване за сравняване на максимално секундите водни количества, тъй като те се явяват оразмерителни за голяма част от елементите на водопроводните инсталации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Alitchkov, D., Ivanova, P.* Systematic approach for investigation of water demand in buildings. 29th International Symposium CIB W62 Water Supply and Drainage for Buildings, Ankara, 2003.

2. *Димитров, Г.* Оценка на нощното водопотребление в жилищните сгради. Международна конференция за загуби на вода, София, 2010.

3. *Alitchkov, D.* Analysis of the Water Use in Different Types of Buildings. // Civil Engineering Journal, 2019, 3 (9): 672-681.

4. *Ilha, M., Goncalves, O., de Amorim, S., Pedroso, L.* Estimating water consumption in nursery and elementary public schools. CIB W062 Symposium, 2005.

5. *Gargano, R.* Probabilistic models for the peak residential water demand. // Journal of Water, 2017, 9 (6): 417.

6. Наредба № 4 от 17 юни 2005 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни водопроводни и канализационни инсталации. Министерство на регионалното развитие и благоустройството.

7. *Farina, M., Maglionico, M., Pollastri, M., Stojkov, I.* Water consumptions in public schools. // Procedia Engineering, 2011, 21: 929-938.

INVESTIGATION OF WATER DEMAND IN KINDERGARTENS

V. Radovanov¹, E. Tsanov², D. Alitchkov³

Keywords: water demand, water losses in buildings, daily water demand, statistical distribution function, hourly demand pattern

ABSTRACT

The paper presents the results of an investigation of water demand in kindergartens. The research is conducted on the territory of Sofia Municipality and covers 17 buildings. One-minute measurements during 272 days of water use and building pressure during different seasons are analyzed. Water losses have been identified in different types of kindergartens. The probability density and cumulative distribution functions are presented, as well as the main statistical parameters describing the daily and hourly water demand. On the basis of the obtained theoretical results, standardized hourly water demand patterns in the different categories of kindergartens for working days are proposed. The mean values of water demand and water supply norms for buildings of the same type are compared, and recommendations regarding their updating are made.

¹ Viden Radovanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: v_radovanov@abv.bg

² Emil Tsanov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: e.tsanov@nemoconsult.net

³ Dimiter Alitchkov, Prof. Dr. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: d.alitchkov@aquains.com