

APPLICATION OF STANDARDIZED STATUS INDEX FOR PROLONGED DROUGHT IDENTIFICATION AND RIVER BASIN MANAGEMENT

Abstract: Extreme natural phenomena (floods and droughts) have become more frequent in recent years. The river basin management planning (RBMP) process is the mechanism through which the available water resources and demand are balanced, thus avoiding water scarcity and drought. Adequate measures have to be included in the Programme of Measures and when and where it is needed, a specific Water Scarcity and Drought Management Plan should be developed. The stated goal in the Water Framework Directive (WFD) is the achievement “good ecological status” (GES). But the Article 4.6 allows temporary deterioration of the status, occurred as a result of so called “prolonged drought”.

Hydrological drought and low flow depend on the meteorological conditions, but the severity of drought’s impacts depends on the vulnerability of water supply systems (WSS) and measures. Reduction of natural resources (“hydrological drought”) in water sources such as rivers, lakes, aquifers, is associated with the reduction in available water resources for water supply including regulating runoff (“water scarcity” or so called “operational” and “socio – economic” drought). Reduced water availability exerts a negative impact on people, environment and economic sectors (irrigation, industry, energy, etc.).

The severity of the “prolonged drought” is related to its duration, specificities of the river basin, reservoir management and impacts. Specific indicators need to be selected and defined to identify “prolonged droughts”, prevent and mitigate its effects. To this end new methodological approaches, systems of criteria, indicators (reservoirs levels and inflow, some impacts indicators - environmental and socio - economic) and drought indexes (such as standardized status index) have been developed in NIMH. The application of these new approaches as part of the Early Warning and Decision Support System (DSS) for MOEW aims are presented here.


Author information:

Irena Ilcheva

Assoc. Prof., PhD, Eng.

National Institute of Meteorology and Hydrology

✉ Irena.Ilcheva@meteo.bg

 Bulgaria

Keywords:

Prolonged drought, Drought Management, Standardized status index, Early Warning and Decision Support Systems, WFD

Anna Yordanova

Assoc. Prof., PhD

National Institute of Meteorology and Hydrology

✉ Anna.Yordanova@meteo.bg

 Bulgaria

Vesela Rainova

Assist. Prof. PhD, Eng.

National Institute of Meteorology and Hydrology

✉ Vesela.Rainova@meteo.bg

 Bulgaria

Въведение

През последните години зачестяват екстремните явления - наводнения и засушаване. Анализът на климатичните фактори за България и в световен мащаб, показва тенденции на [1, 2, 12]: нарастване на температурите; промяна на вътрешногодишното разпределение на валежите, дори когато тяхната годишна сума остава почти същата; нарастват дните без валеж (продължително засушаване) и дните с интензивни валежи. Дори за райони с нулев или позитивен тренд на валежите, изпреварващото нарастване на

температурите и евапотранспирацията, води до намаляване на общия отток. Намаляват притоците към комплексните и значими язовири [12].

Управлението на речните басейни и язовирите при екстремни условия (наводнения и засушаване) поставя пред учените нови задачи, свързани с Плановете за управление на речни басейни (ПУРБ), Плановете за управление на риска от наводнения и засушаване, и програмата от мерки. Отговорните институции (МОСВ, Басейнови дирекции - БД, Националният институт по метеорология и хидрология - НИМХ) следва да решат задачи, като:

- Изграждане на системи за ранно предупреждение, системи за наблюдение и прогнозиране на валежите и речния отток, вкл. експлоатация на язовирите;
- Адаптация към климатичните промени;
- Подобряване режима на оттока, и др.

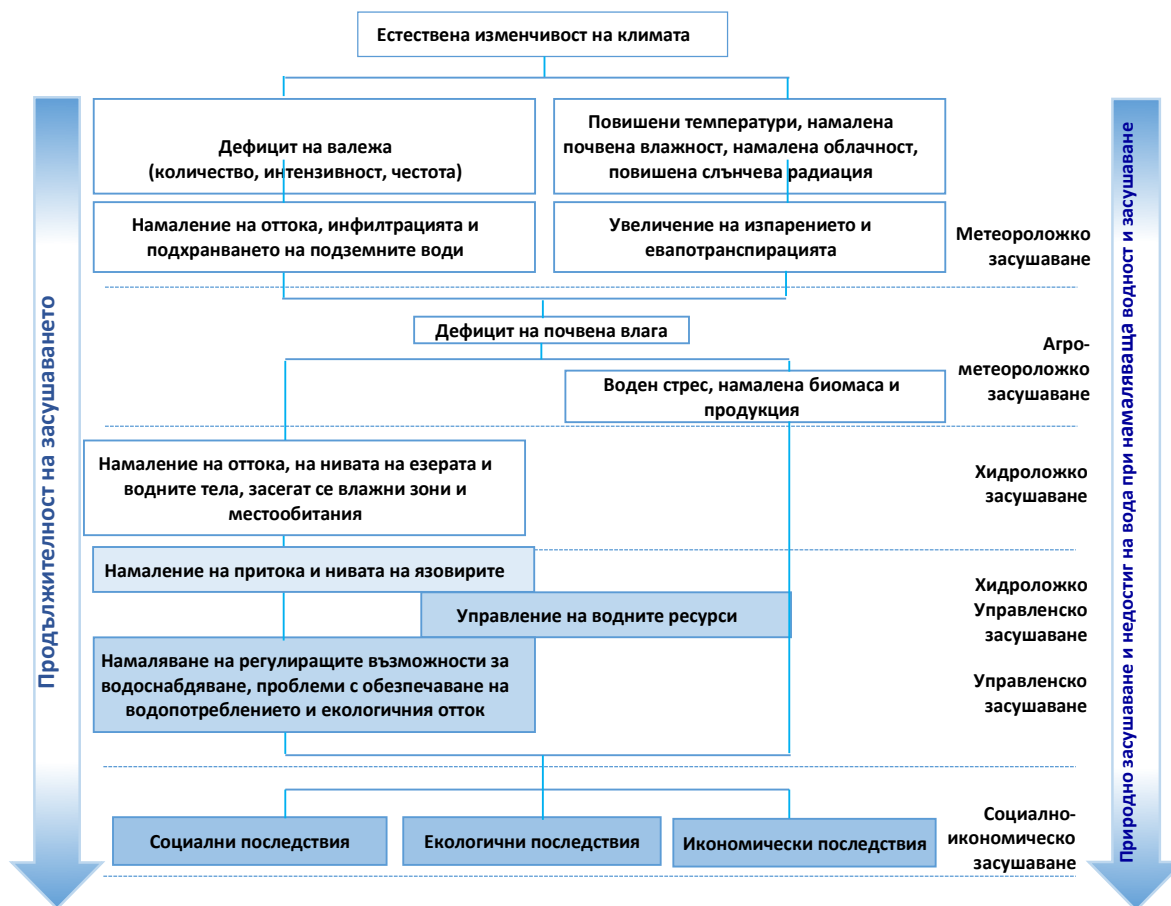
Основната цел на Рамковата директива за водите (РДВ) е постигането на добър екологичен статус (good ecological status -GES). Но Чл.4.6 допуска временно влошаване на екологичния статус в резултат от т.нар. „продължително засушаване“ („prolonged drought“).

В подкрепа на тези цели в НИМХ се разработват нови подходи, модели, индикаторни системи, системи за ранно предупреждение и подпомагане вземането на решения (www.meteo.bg).

1. Методичен подход за идентификация и адаптивно управление при продължително засушаване

Хидроложкото засушаване и маловодието зависят от метеороложкото засушаване, но суровостта на последствията от засушаването зависи от управлението и предприетите мерки. Редуцирането на природните водни ресурси (hydrological drought) в реките, езерата, подземните води, е свързано с намаляване на наличните водни ресурси за водоснабдяване, вкл. регулирането на оттока („недостиг на вода“ при засушаване или т.нар. управленско засушаване (operational drought) и социално – икономическо засушаване (socio – economic drought) – фиг.1.

За реализиране на чл.4.6. на РДВ, трябва адекватно да се идентифицира „продължителното засушаване“ и да се обоснове свързаното с него „временно влошаване на състоянието на водните обекти“. Суровостта на „продължителното засушаване“ е свързана с продължителността на природните процеси, спецификите на речния басейн, с управлението на язовирите при засушаване и последствията [3,4,7-9]. Редуцирането на наличните водни ресурси води до негативни последствия за хората, околната среда и икономиката (водоснабдяване, напояване, индустрия).



Фиг.1. Взаимовръзка типове - продължителност на засушаването (адапт. Monzonís et al. [7])

За целта в НИМХ е разработен нов методичен подход за адаптивно управление за целите на РДВ и Натура 2000 при климатични промени и засушаване [3-6,11]. Разработени са и нови системи от критерии, индикатори и индекси за идентификация и управление на хидроложкото, социално-икономическото и продължителното засушаване (приток към язовирите; нива на язовирите; standardized status index; за оценка на въздействието). По иновативен начин се отчита уязвимостта и адаптивният капацитет на социално-икономически и екологични системи [2,4,6,11].

Част от индикаторите и критериите са разработени и експериментално приложени за целите на МОСВ и за развитие на разработваните в НИМХ системи за ранно предупреждение и подпомагане вземането на решения (Early Warning, Decision Support Systems, DSS) [3,11-14].

Планиращата рамка за адаптивно управление стъпват на три опорни стратегии [11]:

- Обезпечаване на екологичния отток и целите на РДВ и Натура 2000;
- Планове за управление при недостиг на вода и засушаване;
- Стратегия за устойчиво водовземане, мониторинг и адаптивно управление.

2. Нови индекси и ндикаторна система за идентификация и управление в условия на продължително засушаване

За да се идентифицира “prolonged droughts” и да се предотвратят и смекчат последствията от него, трябва да се изберат и дефинират специфични индикатори. Индикаторните системи в Европа включват индикатори за: валежите, нивата в реките, притока към язовирите, нивата на язовирите, нивата на подземните води, индикатори и ндекси за оценка на въздействията [7,8].

За дефинирането на индикатора за „продължително засушаване“ в НИМХ са разработени нови индикатори, индекси и критерии за идентификация на продължително засушаване и система от индикатори за оценка на социалните, екологични и икономически последствия – Табл.1. Чрез тях се отчитат въздействията, обосноват се времевите граници и пространствен

обхват. Отчитат се потенциалните и включени вече в ПУРБ смекчаващи мерки (вкл. по метод Прага) за обезпечаване на добър екологичен статус и приоритетни водопотребители. От това зависи валидирането на прагови стойности на индикаторите и обосновката по чл.4.6 и чл. 4.7.

Таблица 1. Индикаторна система на НИМХ и допълването и с нови индикатори и индекси

Тип засушаване	Индикатори и индекси за оценка - индикаторна система на НИМХ
Метеороложко засушаване	Валежи. Стандартизиран индекс на валежите – Standardized Precipitation Index (SPI). Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg)
Агрометеороложко засушаване	Почвена влага. Индекс на засушаването на почвата – SMI. Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg)
Хидроложко засушаване	Отток. Стандартизиран индекс на оттока – Standardized Runoff Index (SRI). Индикаторна система НИМХ (www.meteo.bg)
Нови индикатори и индекси - експериментално допълване на индикаторната система	
Хидроложко и управленско засушаване	Приток към язовирите. Прагови нива на месечни и годишни притоци с характерна обезпеченост – 50%, 75%, 95% (Споразумение с МОСВ [12], www.moew.government.bg)
Управленско засушаване	Напълване на язовирите. Индекси за състоянието на язовирите (<i>Standartised State Index</i> - Испания). Процент от обема на язовира (Португалия) Диспечерски графици (ДГ) (Споразумение на НИМХ с МОСВ [14])
Управленско и социално-икономическо засушаване	Недостига на вода при засушаване. Социално - икономически и екологични последици. Оценка на уязвимостта и адаптивния капацитет на социално-икономически и екологични системи. Разработена еиндикаторна система в рамката (DPSIR - Drivers-Pressure-State-Impact-Response) [4,11]. Разработени са подход и критерии за оценка на значимостта на язовирите (Споразумение на НИМХ с МОСВ [13])

2.1. Нови индикатори и индекси за идентификация и управление при продължително засушаване

2.1.1. Приток към язовирите

За индикатори за притока към язовирите се предлагат разработените от НИМХ за съставяне на месечните и годишни графици от МОСВ, месечни и годишни притоци с определена обезпеченост (50%, 75%, 95%) (“Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Приложение № 1 на Закона за водите (ЗВ) за нуждите на годишните графици за използване на водите им“, по Споразумението с МОСВ, [12]).

2.1.2. Индекси за оценка на състоянието и напълване на язовирите (управленско засушаване)

За нивата на язовирите като оперативен индикатор са разработени следните индекси:

1. Индекси базирани на наличният обем на язовирите в % от полезния обем (Португалия);
2. Новият Стандартизиран индекс на състоянието (Standartised State Index), за оценка на язовирите (по примера на Испания);
3. Интегриран индекс на състоянието на ниво речен басейн (под-басейн).

Новият Стандартизиран индекс на състоянието за оценка на язовирите и речните басейни е подобрение на прилаганият доскоро в Испания SSI. Той отчита напълването на язовира по месеци и е по-подходящ за оценката на засушаването при язовири със сезонно регулиране на оттока:

$$V_{i,t} \geq V_{med,t} \rightarrow SSI_{i,t} = 1/2 * (1 + ((V_{i,t}-V_{med,t})/(V_{max,t}-V_{med,t})) \quad (1)$$

$$V_{i,t} < V_{med,t} \rightarrow SSI_{i,t} = 1/2 * (V_{i,t}-V_{min,t})/(V_{med,t}-V_{min,t})$$

където:

- SSI_{i,t} е стандартизираният статус индекс Standartised State Index за година i и месец t;

- $V_{i,t}$ е стойността на индикатора за година i и месец t ;
- $V_{med,t}$, $V_{max,t}$ и $V_{min,t}$ са месечните ($t = 1,2,3,\dots,12$) статистики на индикатора (mean, maximum, minimum) за оценявания период.

Обобщеният индекс на състоянието се изчислява, чрез претеглено сумиране. Теглата на язовирите отчитат значимостта им за водоснабдяването и за поречието, дефицитите при засушаване и последствията върху обществото, екологията и икономиката (съгласно опита на Испания). За целта се прилагат разработените в НИМХ за МОСВ “Критерии за определяне на язовирите от приложение №1 на Закона за водите като “комплексни и значими” [13].

2.1.3. Индикаторна система за оценка на недостига на вода, социално - икономическите и екологични последствия.

Оценката на социално-икономическото засушаване и въздействията върху икономиката, обществото и околната среда са база за валидиране на прагови стойности за т.нар. „екстремно“ засушаване и дефиниране на „продължително засушаване“. Прилага се разработената индикаторна система в рамката (DPSIR – Drivers – Pressure – State – Impact - Response) за оценка на надеждността на водоснабдяването и екологичния отток, уязвимостта и адаптивния капацитет на социално-икономически и екологични системи, реалистична оценка на WEI и др. [1,2,4,6,11,13].

3. Експериментално приложение на подхода и индикаторните системи

3.1. Приложение на подхода и индикаторната система за района на Природен парк “Витоша”

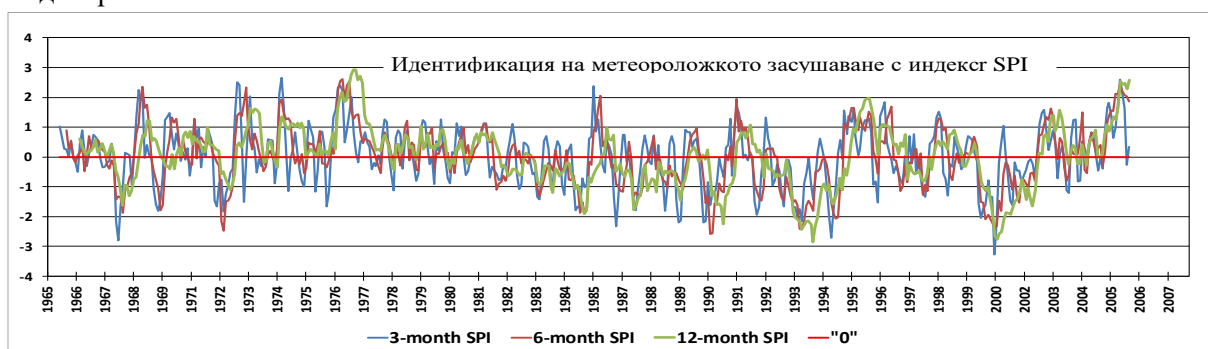
“Изготвяне на воден баланс на територията на Природен парк „Витоша“ е първото по рода си цялостно изследване на водните ресурси на Витоша и на възможностите за интегрираното им управление [5]. За целите на Дирекцията на ПП “Витоша” е извършен анализ в условия на засушаване. Приложена е разработената индикаторна система.

Първо за идентифициране и управление на продължителното засушаване е извършена идентификация на засушаването с метеороложки и хидроложки индекси на засушаване. Част от резултатите са представени на Фиг.2., Табл.2 и 3 [5].

Информация за индексите SPI и SRI, и скалите за оценка са дадени на (www.meteo.bg).

Идентифицирани са няколко исторически засушавания. Най-продължителният период е 1984-1995 г., като особено екстремно е засушаването в края - 1992-1995 г. Друг период на екстремно засушаване е 1999-2002 г., и др. Установена е корелация между метеороложкото и хидроложко засушаване. Хидроложкото засушаване при ХМС „Перник“ е с по-малка екстремност и/или отместено във времето, поради влиянието на яз.“Студена“ и прехвърлянето на води.

Разработени са сценарии на бъдещо продължително засушаване и имитационно моделиране.



Фиг. 2. Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI3, SPI 6 и SPI 12

Таблица 2. Идентификация на засушаването с метеороложки индекси SPI 3, SPI 6 и SPI 12

08.1992	-0.32	0.24	-0.42	03.2000	0.19	0.69	0.46
09.1992	-0.95	0.3	-0.45	04.2000	-0.16	0.33	0.16
10.1992	-0.79	0.01	-0.68	05.2000	-1.57	-0.62	-0.28
11.1992	-0.25	0.01	-0.58	06.2000	-2.04	-1.52	-0.83
12.1992	-0.46	-1.07	-0.65	07.2000	-1.75	-1.53	-1.03
01.1993	-1.21	-1.36	-0.63	08.2000	-1.63	-2.1	-1.14
02.1993	-1.66	-1.47	-0.57	09.2000	-0.78	-1.95	-1.02
03.1993	-0.11	-0.67	-0.08	10.2000	-1.33	-2.05	-1.43
04.1993	-0.1	-0.96	-0.47	11.2000	-1.34	-2.2	-1.88
05.1993	-0.38	-1.33	-0.82	12.2000	-3.27	-2.37	-2.64
06.1993	-1.66	-1.53	-1.86	01.2001	-2.14	-2.32	-2.76
07.1993	-1.68	-1.45	-2.01	02.2001	-0.21	-1.47	-2.57
08.1993	-2.01	-1.62	-2.09	03.2001	0.46	-1.81	-2.52
09.1993	-1.75	-2.41	-2.19	04.2001	1.04	-0.57	-2.1
10.1993	-2.16	-2.43	-2.43	05.2001	0.06	-0.17	-1.86
11.1993	-0.88	-2.13	-2.28	06.2001	-0.66	-0.29	-1.88
12.1993	-0.55	-1.63	-2.17	07.2001	-1.47	-0.66	-1.94
01.1994	-0.03	-1.47	-2.15	08.2001	-1.61	-1.11	-1.7
02.1994	-0.88	-1.63	-2.28	09.2001	-0.18	-0.64	-1.47
03.1994	-1.43	-1.81	-2.86	10.2001	-0.45	-1.31	-1.41
04.1994	-0.69	-0.51	-2.34	11.2001	-0.45	-1.54	-1.19
05.1994	0.17	-0.49	-2.06	12.2001	-0.84	-0.73	-0.76
06.1994	0.61	-0.4	-1.5	01.2002	-0.63	-0.76	-1.04
07.1994	0.27	-0.1	-1.02	02.2002	-0.44	-0.89	-1.44
08.1994	-0.11	-0.06	-0.9	03.2002	-0.16	-1.05	-1.06
09.1994	-0.97	-0.27	-1.14	04.2002	-0.07	-0.55	-1.49
10.1994	-1.97	-0.73	-0.92	05.2002	-0.24	-0.52	-1.65
11.1994	-2.72	-1.52	-1.38	06.2002	-0.69	-0.81	-1.12
12.1994	-1.8	-1.91	-1.59	07.2002	0.21	0.09	-0.46
01.1995	-1.02	-2.08	-1.37				
02.1995	0.11	-2.03	-1.11				
03.1995	0.58	-0.95	-0.7				
04.1995	-0.07	-0.82	-1.12				
05.1995	1.57	1.13	-0.38				
Период 1992 - 1995 г. - фрагмент				Период 2000 - 2002 г. - фрагмент			

Таблица 3. Идентификация на засушаването с хидроложки индекси SRI 3, SRI 6 и SRI 12

Aug/1992	-1.11	-0.41	-0.27	Jan/2000	-1.53	-1.03	-0.30
Sep/1992	-1.25	-0.76	-0.42	Feb/2000	-1.65	-1.05	-0.28
Oct/1992	-1.38	-0.90	-0.66	Mar/2000	-1.88	-1.17	-0.80
Nov/1992	-1.37	-0.81	-0.44	Apr/2000	-2.31	-1.54	-1.37
Dec/1992	-1.51	-1.11	-0.87	May/2000	-2.37	-1.83	-1.52
Jan/1993	-1.55	-1.26	-0.83	Jun/2000	-2.42	-1.94	-1.60
Feb/1993	-1.65	-1.32	-0.90	Jul/2000	-2.42	-1.62	-1.30
Mar/1993	-1.77	-1.30	-1.05	Aug/2000	-2.45	-1.78	-1.89
Apr/1993	-1.93	-1.43	-1.25	Sep/2000	-2.41	-2.05	-1.88
May/1993	-2.01	-1.50	-1.27	Oct/2000	-2.48	-2.30	-1.65
Jun/1993	-2.05	-1.40	-1.18	Nov/2000	-2.17	-2.01	-1.42
Jul/1993	-2.02	-1.27	-1.22	Dec/2000	-2.35	-2.12	-1.77
Aug/1993	-2.02	-1.35	-1.47	Jan/2001	-2.46	-2.34	-2.26
Sep/1993	-1.97	-1.59	-1.30	Feb/2001	-2.44	-2.26	-2.05
Oct/1993	-1.92	-1.76	-1.10	Mar/2001	-2.49	-2.12	-1.96
Nov/1993	-1.84	-1.75	-1.05	Apr/2001	-2.32	-1.99	-1.81
Dec/1993	-1.99	-1.99	-1.50	May/2001	-2.18	-1.56	-1.72
Jan/1994	-1.98	-2.01	-1.85	Jun/2001	-2.21	-1.68	-1.64
Feb/1994	-1.92	-1.95	-1.96	Jul/2001	-2.14	-1.59	-1.62
Mar/1994	-1.92	-1.79	-1.96	Aug/2001	-2.04	-1.61	-0.87
Apr/1994	-1.79	-1.55	-1.61	Sep/2001	-1.91	-1.87	-1.28
May/1994	-1.57	-1.26	-1.32	Oct/2001	-1.91	-1.79	-1.30
Jun/1994	-1.40	-1.19	-1.02	Nov/2001	-2.02	-1.96	-1.94
Jul/1994	-1.43	-1.11	-0.92	Dec/2001	-1.86	-2.00	-1.94
Aug/1994	-1.33	-1.03	-0.80	Jan/2002	-1.76	-1.94	-1.72
Sep/1994	-1.24	-1.22	-1.07	Feb/2002	-1.25	-1.79	-1.55
Oct/1994	-1.17	-1.35	-1.09	Mar/2002	-1.02	-1.50	-1.64
Nov/1994	-1.13	-1.28	-1.03	Apr/2002	-0.88	-1.50	-1.60
Dec/1994	-1.00	-1.17	-1.11	May/2002	-0.53	-1.37	-1.41
Jan/1995	-0.84	-1.27	-1.20	Jun/2002	-0.20	-0.95	-0.84
Feb/1995	-0.71	-1.17	-1.17	Jul/2002	-0.14	-0.80	-0.84
Mar/1995	-0.32	-0.95	-0.96	Aug/2002	-0.20	-0.04	-0.89
Apr/1995	-0.92	-0.71	-0.97				
May/1995	0.18	-0.56	-0.76				
Период 1992 - 1995 г. - фрагмент				Период 1999 - 2002 г. - фрагмент			

Социално - икономически и екологични последствия при продължително засушаване

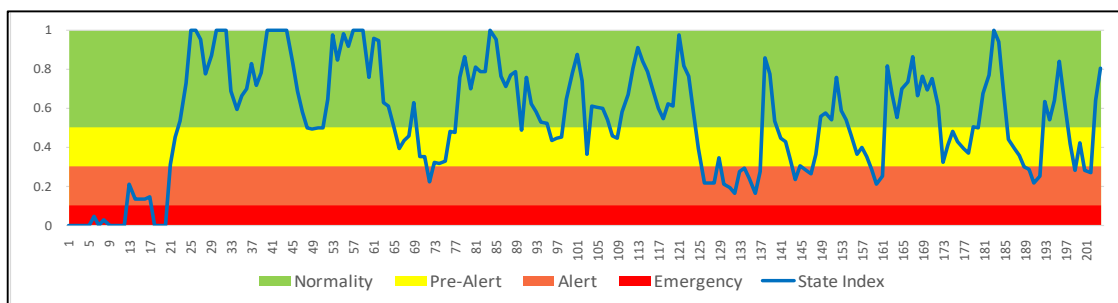
Приложена е разработената индикаторна системата. Разработен е имитационен модел (с програма SIMYL) и е оценена надеждостта на водоснабдяването на населените места, туристическите центрове и екологичния отток, вкл. при сценарии засушаване – Табл.3. Отчетени са уязвимостта и адаптивният капацитет на природните системи, и мерките за РДВ и Натура 2000 [11].

За всички групи водопотребители (населени места, туристически центрове) въздействията са оценени количествено, чрез индикаторната система за оценка (природни, социално-икономически, околна среда). От това зависи наличният ресурс в условия на намаляваща водност и засушаване и обосновката по чл.4.6. Извършена е оценка и са разработени мерки за обезпечаване на екологичния отток и природните екосистеми. Въздействията върху околната среда се оценява чрез адаптивния капацитет и предприетите мерки за постигане целите на РДВ и Натура 2000. Разработен е контролен мониторинг и стратегия за устойчиво водоземане [11]. Всичко това е свързано с обосновката на изключенията от екологичните цели по чл.4 на РДВ.

Таблица 4. Резултати от имитационно моделиране със SIMYL за населените места - вариант

Населени места	Водоснабителна група схема	Обезпеченост (PE) %			Индекс на надеждност
		по обем	по години	по месеци	
Перник и нас.места	WS1	98,52	94,74	97,59	0,420
Индустрия Перник	Ind-PK	100,00	100,00	100,00	0,000
Рударци	WS32-R	94,33	65,79	93,20	1,208
Драгичево	WS32-D	89,33	34,21	85,75	3,042
Владая	WS3-V	93,27	13,16	80,26	0,952
Мърчаева	WS3-M	99,90	97,37	99,56	0,004
Кладница	WS2-K	90,53	21,05	82,89	2,047
Делта Хил	WS2-H	78,85	13,16	75,66	6,521
Чуйпетльово	WS2-Ch	98,61	89,47	98,25	0,365
РадомирWSG	WS4-Ra	100,00	100,00	100,00	0,000
Боснек	WS3-B	100,00	100,00	100,00	0,000
Ярлово	WS60Y	99,51	89,47	98,25	0,365
София и нас.места	WS100	98,18	73,68	95,61	0,259

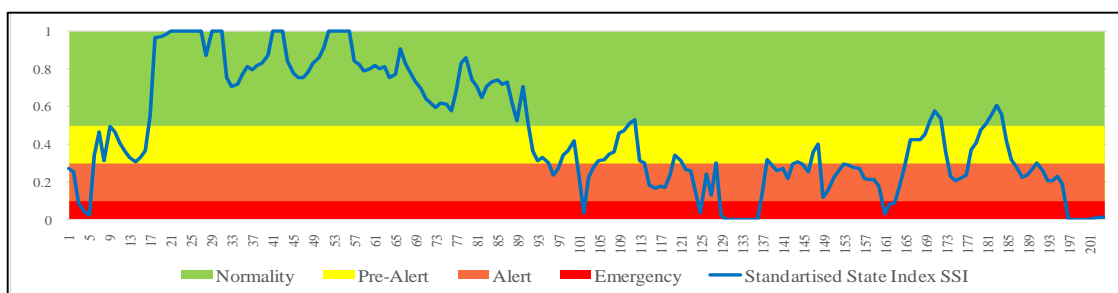
Изчислен е и SSI на яз."Студена" и яз."Дяково" (фиг.3. и фиг.4). Анализирани са притоците. В резултат от анализите са идентифицирани периодите и условията на продължително засушаване. Установена е корелация между индексите за дългосрочно засушаване (SPI 12 и SRI 12), и индексите за управленско и социално-икономическо засушаване (приток и нива на язовира, и др.).



Фиг.3. Standardised State Index за напълването на яз."Студена" за периода 2001 – 2017 г.

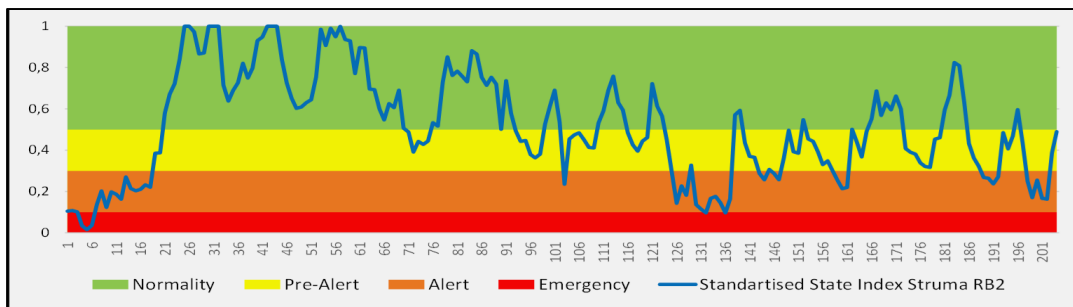
Обобщен индекс на състоянието (Standardised Status Index) за поречие Струма

Обобщеният индекс на състоянието на долната част на поречие Струма, с отчитане на яз."Студена", яз."Пчелина" и яз"Дяково" се изчислява, чрез претеглено сумиране – фиг.5.



Фиг.4. Standardised State Index за напълването на яз."Дяково" също за периода 2001 – 2017 г.

Теглата на язовирите се базират на разработените за МОСВ подход и критериите за оценка на значимостта им [13]. Отчитат се дефицитите при засушаване и последствията върху обществото, екологията и икономиката. С максивален приоритет е яз."Студена", следван от яз."Дяково" и яз."Пчелина" (не се използва рационално).



Фиг.5. Обобщен Standardised State Index в долната част на поречие Струма

При съставяне на графика в МОСВ се ползват резултатите от [12] – табл.5, които по същество са предложеният индикатор за приток към язовирите.

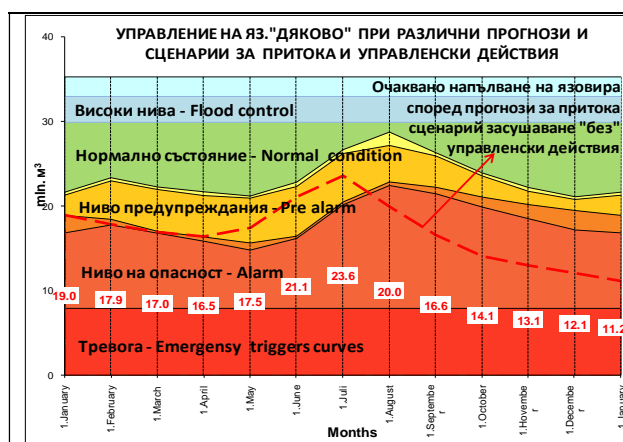
Таблица 5. Актуализация на ползваните данни за притоците в язовирите от Приложение № 1 на Закона за водите – фрагмент [12] (www.moew.government.bg)

Язовир	Обезпеченост, %	притоци в язовирите, в млн. куб метри												Годишно
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
16 - Дяково	средно	0.42	0.45	0.80	3.08	5.68	4.41	1.34	0.69	0.50	0.56	0.97	0.78	19.69
	50%	0.22	0.25	0.60	2.64	5.20	5.07	1.05	0.17	0.07	0.30	0.73	0.55	20.24
	75%	0.01	0.10	0.38	1.92	4.26	3.21	0.21	0.01	0.01	0.01	0.09	0.06	13.05
34 - Пчелина	средно	8.72	10.22	7.97	7.50	7.97	7.70	4.03	4.19	4.72	6.29	6.87	7.37	82.66
	50%	6.70	7.80	5.45	6.75	7.15	5.85	3.95	2.70	3.70	4.10	5.40	5.95	74.00
	75%	4.08	4.80	4.50	5.05	5.25	4.08	2.33	2.27	2.93	3.30	3.90	4.13	50.98
41 - Студена	средно	1.78	1.75	3.92	8.11	7.29	3.90	1.63	1.13	2.29	1.48	1.71	1.80	36.95
	50%	1.36	1.80	3.50	7.70	6.30	2.99	1.30	0.80	0.90	0.90	1.13	1.30	37.00
	75%	1.00	1.00	2.50	6.80	5.15	2.50	0.60	0.50	0.40	0.70	0.80	0.63	30.20
	95%	0.80	0.62	0.32	4.37	3.84	1.32	0.41	0.28	0.22	0.24	0.21	0.16	22.80

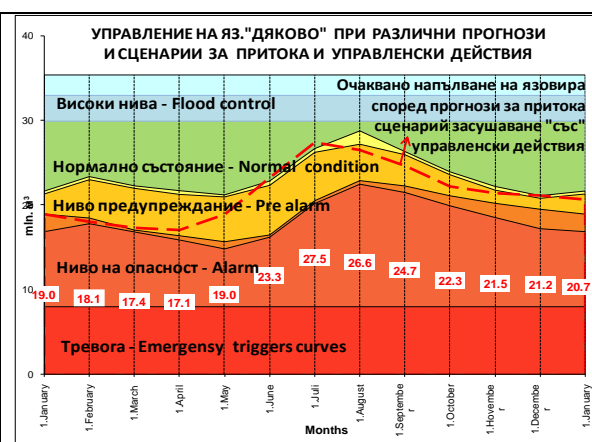
Част от индексите са адаптирани и приложени успешно и за Северозападна България, като е извършен интегриран пространствено - времеви анализ на засушаването, маловодието и недостига на вода [10]. Препоръчано е допълване на индикаторната система на НИМХ.

4. Системи за ранно предупреждение и DSS за инедтификация и управление при засушаване

Визията за развитие на Системите за подпомагане вземането на решения (Decision Support System (DSS) в НИМХ и връзката със системите за ранно предупреждение е отразена в [14], <http://www.meteo.bg/node/78>). Експериментално приложени в практиката са и разработените Диспечерски графици (модули от DSS) за управление на язовирите при екстремни условия - от поемане на високи вълни, до управление при намаляваща водност и засушаване – фиг.6.



Фиг.6а Очаквано напълване на яз.“Дяково“ без управленчески действия



Фиг.6б Очаквано напълване на яз.“Дяково“ със управленчески действия

5. Обобщение и изводи

Разработен е нов методичен подход за адаптивно управление за целите на РДВ и Натура 2000 при засушаване и климатични промени [1-6,11]. Разработени са системи от нови критерии, индикатори и индекси за оценка на хидроложкото, управленското, социално-икономическото и продължителното засушаване (приток към язовирите; нива на язовирите; standardized status index). По иновативен начин са отчетени адаптивният капацитет на социално-икономическите и природни системи (екосистемни функции – горски екосистеми, влажни зони и др.) и предприетите мерки.

Подходът реализира целите на РДВ и Натура 2000, план за управление при засушаване, стратегия за устойчиво водовземане, адаптивно управление и мониторинг на околната среда.

Част от индикаторите и критериите са разработени и експериментално приложени за целите на МОСВ. Резултатите имат пряка връзка с реализирането на ПУРБ, развитието на разработваните в НИМХ системи за ранно предупреждение и подпомагане вземането на решения (Early Warning, Decision Support Systems, DSS), управлението на язовирите и речните басейни при продължително засушаване.

References:

1. CC_WaterS, Climate Change and Impacts on Water Supply, Monograph, SEE, 2012.
2. CC-WARE, Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change, SEE, 2014.
3. Guidebook on low flow management for drought prevention in the flood Danube River plain, Danube WATER, ...V. Alexandrov, M.Chilikova, I.Ilcheva, et al., NIMH, 2015, http://danube-water.eu/wp-content/uploads/2015/07/Low-flow-Guidelines_BG.pdf
4. Ilcheva, I., D.Georgieva, A.Yordanova, 2015, New methodology for joint assessment of drought risk of water supply under climate change, water stress areas identification and ecological flow provision WFD, Ecology & Safety, ISSN 1314-7234, Volume 9, 2015, Journal of International Scientific Publications, <http://www.scientific-publications.net/get/1000011/1432802839669739.pdf>
5. Ilcheva, I., Niagolov, I., Balabanova, S., Yordanova, A., Zaharieva, V. , Rainova, V., Vatrlova, A., Georgieva, D., Water resource balance of Vitosha natural park, including analysis under conditions of climate change and extreme phenomena, International Scientific Conference „Sustainable mountain regions: make them work“, e-book, 2015.
6. Mitigating Vulnerability of Water Resources under Climate Change, Executive Forest Agency, Forest University, Forest research Institute, NIMH (...V.Spiridonov, I.Ilcheva, Kr.Nikolova, Sn.Balabanova, I.Niagolov), 2014; <http://www.iag.bg/docs/lang/1/cat/5/index>
7. Monzonis, M., et al., A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management, Journal of Hydrology, 2015;
8. Ortega-Gomes,T., et al., Improvement of the drought indicators system in the Jucar River Basin, Spain, Science of the Total Environment, 2018
9. Rossi, G., Cancelliere, A., Managing Drought risk in water supply systems in Europe: a Review. International Journal of Water Resources Development, 2012.
10. Dimitrov, Y., Upravlenie na rechnite vodni resursi v severozapadna balgariya v usloviyata na zasushavane, Dis.trud, Avtoreferat, 2018.
11. Ilcheva, I., D.Georgieva, Planove za upravlenie na rechnite baseyni, na vodosnabdyavaneto i ekologichniya ottok pri zasushavane, Godishnik UASG 2017.
12. Aktualizatsiya na polzvanite dannii za pritotsite v yazovirite ot Pril. 1 na ZV za nuzhdite na godishnite grafitsi za izpolzvanie na vodite im, Sporazumenie NIMH s MOSV, 2017.
13. Kriterii za opredelyane na yazovirite kato „kompleksni i znachimi“ v Prilozhenie № 1 ot Zakona za vodite, zadacha 21.1. ot Sporazumenieto na NIMH s MOSV za 2015.
14. Sistema za nablyudenie i upravlenie na yazoviri za svoevrememno osvobozhdavane na obemi pri opasnost ot visoka valna i obezpechavane na prioritetno vodopodavane; „Sistemi za adaptatsiya kam klimatichnite promeni“ NIMH, "Hidro-meteo salon 2012", <http://www.meteo.bg/node/78>