

ВОДНО 5/6'2014 ДНЕЛО



Програма за интегрирано управление на засушаването в Централна и Източна Европа

ЦЕЛ

Увеличаване компетентията за адаптиране към климатичните промени чрез повишаване устойчивостта при засушаване в Централна и Източна Европа.

РЕЗУЛТАТИ

- Указания за подготовка на планове за управление по време на засушаване като част от плановите за управление на речни басейни към Европейската рамкова директива по водите
- Национални консултантски диалози за дискутиране подготовката на планове за управление по време на засушаване
- Компендиум / кратко резюме / на добри практики
- Платформа за обмяна на информация относно засушаването
- Демонстрационни проекти, тествачи иновативни решения за по-добра устойчивост по време на засушаване
- Обучения и работни срещи за увеличаване на капацитета на национално и регионално ниво

4 основни принципи на програмата

От реагиращ към превантивен подход

Вертикално планиране & хоризонтално интегрирани сектори

Познания & споделяне на добри практики

Изграждане на капацитет за интегрирано управление по време на засушаване



Партньорство и устойчивост

Регионално сътрудничество

Процеси на национално планиране

Познания и осведоменост

Усъвършенстване на способностите

Демонстрационни проекти

Подготвителен етап на Указанията

Преглед на съществуващите Указания и законовата рамка

Преглед на настоящия статус на програмите по засушаване

Първи национален консултантски диалог

Анализиране на Указанията в национални условия

Усъвършенстване на проекта за Указанията

Втори национален консултантски диалог

Указания за подготовка на плановите за управление по време на засушаване

Как да се интегрира засушаването в плановите за управление на речни басейни?

Етап 7 Разработване на програма за обучение

Етап 6 Разработване на научно-изследователска програма

Етап 5 Публикуване на плана за управление по време на засушаване за обсъждане и активно участие

Етап 4 Изработване/осъвременяване на плана за управление по време на засушаване

Етап 3 Инвентаризация на необходимите данни за разработване на планове за управление по време на засушаване

Етап 2 Дефиниране на целите на политиката за преодоляване на рисковете при засушаването

Етап 1 Разработване на политика при засушаване и създаване на Комитет за управление на засушаване

Разработване на политика при засушаване и представяне на План за управление по време на засушаване



www.gwpcee.org



ИЗДАНИЕ НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЯ СЪЮЗ ПО ВОДНО ДЕЛО

Адрес на редакцията: ул. "Г. С. Раковски" 108, тел./факс 9885303, 9871079, www.stuwa.org

E-mail: stuwa@fnts-bg.org, ntsvd@abv.bg, psse@abv.bg

СЪДЪРЖАНИЕ

Global Water Partnership – Central and Eastern Europe

Практически указания за мерките по засушаване
в плановете за управление на речни басейни2

Нели Гаджалска, Пламен Петков

Екологичен мониторинг в хидромелиоративните системи8

Нина Филипова

Интерактивна компютърна програма за проектиране на система
за подпочвено капково напояване за малки площи16

Мария Иванова, Зорница Попова

Влияние на климата и почвата върху добивите от неполивна
царевица и напоятелните норми в Софийско поле25

Силвия Кирилова, Денислава Георгиева

Приложение на ГИС при определяне на прилежащите земи и
заливаемите ивици на р. Лесновска34

Редакционна колегия

Гл. редактор
Проф. Красимир Петров

Редактор
Инж. Илина Димитрова

Членове
Доц. Борислав Великов
Инж. Владимир Дончев
Доц. Галя Бърдарска
Проф. Ганчо Димитров
Проф. Димитър Тошев
Проф. Илия Христов
Проф. Костадин Щерев
Инж. Маргарита Сярова
Инж. Пламен Никифоров
Доц. Пламен Петков
Доц. Стефан Модев

ISSN 0204 5745

CONTENTS

Global Water Partnership – Central and Eastern Europe

Practical Guidelines for Drought Measures in River Basin
Management Plans2

Nelly Gadjalska, Plamen Petkov

Environmental Monitoring in Irrigation and Drainage Systems8

Nina Philipova

An Interactive Computer Program for Subsurface Drip Irrigation
System Design for Small Plots16

Maria Ivanova, Zornitsa Popova

Impact of Climate Uncertainties and Soil Characteristics on Rainfed
Maize Yield and Irrigation Requirements in Sofia Field25

Silvia Kirilova, Denislava Georgieva

Application of GIS in Determining the Adjacent Lands Floodplains
Lesnovska River34

Първа страница корица -
Зимна приказка
Снимка: Лилия Личева

**ПРАКТИЧЕСКИ УКАЗАНИЯ ЗА МЕРКИТЕ ПО ЗАСУШАВАНЕ
В ПЛАНОВЕТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА РЕЧНИ БАСЕЙНИ**

**PRACTICAL GUIDELINES FOR DROUGHT MEASURES IN RIVER BASIN
MANAGEMENT PLANS**

Global Water Partnership – Central and Eastern Europe

Summary: In 2013 Global Water Partnership (GWP) and World Meteorological organization (WMO) launched a joint Integrated Drought Management Programme (IDMP) to improve monitoring and prevention of one of the world's greatest natural hazards. In terms of water resources management and climate change adaptation, countries in Central and Eastern Europe are sensitive to variability and changing precipitation patterns. Future climate scenarios in the region forecast increased frequency and severity of extreme weather events, which will result in the increase of droughts. A central goal of the Integrated Drought Management Programme is to increase the capacity and ability in the Central and Eastern European countries. By enhancing resilience to drought, it will be easier to adapt to climate variability and change.

“Без да се координират националните политики за засушаване, народите ще продължават да реагират по реактивен начин. Това, което е нужно са системите за мониторинг и ранно предупреждение.” - Генерален секретар на Световната метеорологична организация (WMO) Мишел Жаро

През последното десетилетие опасенията от засушаване и недостиг на вода се увеличават в рамките на ЕС. През 2007 г. Комисията публикува План за управление на засушаванията (DMP), който се определя като един от основните политически инструменти за борба с проблемите, свързани с недостига на вода. В Доклад на Комисията от 2012 г. се отбелязва, че разработването, внедряването и интегрирането на европейската политика по отношение на недостига на вода и мерките за прео-

доляване на вредите от засушаванията, са все още недостатъчно добре отразени в планове за управление на речните басейни (ПУРБ).

През 2013 г. Глобално партньорство по водите (GWP) и Световната метеорологична организация (WMO) стартира съвместна програма за интегрирано управление на засушаванията (IDMP) за подобряване на мониторинга и предотвратяването на един от най-големите природни рискове. По отношение на управлението на водните ресурси и адаптирането към изменението на климата в световен мащаб, страните в Централна и Източна Европа са чувствителни към колебанията и променения се валежен ритъм (Фиг.1). Бъдещите сценарии за климата в региона показват увеличаване на честотата и тежестта на екстремните метеорологични събития, които ще доведат до увеличаване на засушаванията.



Фиг. 1. Засушаване в Централна и Източна Европа

Направеният преглед за текущото състояние на изпълнение на плановите и мерките за управление на засушаванията в 10-те страни от мрежата на Глобално партньорство по водите в ЦИЕ, като част от интегрирания проект за управление на засушаванията (*IDMP*), показва че реалната ситуация не е задоволителна (Фиг. 2). Мнозинството от страните нямат програма за управление на засушаванията в съответствие с общите насоки на ЕС, които включват земеделието, показателите на засушаване и аспектите по изменение на климата в контекста на Рамковата директива за водите (РДВ).

Една от основните цели на проекта *IDMP*, включващ България, Украйна, Молдова, Румъния, Словения, Словакия, Унгария, Чехия, Полша и Литва, е разработването на практическо ръководство в подкрепа на плана за засушаванията като част от ПУРБ.



Фиг. 2. Карта на страните, включени в проекта *IDMP*

Специфичните цели на проекта *IDMP* са:

- да се осигурят по-широки ангажменти по отношение на интегрираната система за управление на водите в контекста на Рамковата директива за водите (РДВ) за по-добро разбиране как да се интегрира засушаването в процеса на планиране на ПУРБ;
- да се използва поетапен подход за разработване на *DMP* в съответствие със съществуващите общи насоки;
- да се предостави информация за свързаните с тях въпроси, обхванати от РДВ (количествен статус “продължително засушаване”, климатични промени).

При разработването на насоките на плановите за управление на засушаванията, е необходимо да се започне с ясна и съгласувана концепция за политиката на засушаването и определението суша. Най-често срещаните подходи се основават на две основни понятия:

реактивен подход, включващ управление на кризи - мерки и действия след като засушаването е започнало. Този подход се взема в извънредни ситуации и често води до неефективни технически и икономически решения, тъй като действията се предприемат кратковременно и оптималните участия на заинтересованите страни е много ограничено;

проактивен подход, включващ

управление на риска от засушаване - всички мерки, извършени преди засушаването, с подходящи инструменти за планиране и участие на заинтересованите страни. Проактивният подход се основава освен на краткосрочни и дългосрочни мерки, така и на системи за навременно предупреждение. Един проактивен подход се състои от планиране на необходимите мерки за предварително предотвратяване или свеждане до минимум на въздействието на засушаването.

Повечето страни от ЕС са в процес на преминаване от управление на кризи към управление на риска. Указанията за разработване на план за управление на засушаванията от Световната метеорологична организация (*WMO*), могат да допринесат за това движение. Насоките на *WMO* са групирани в 10 стъпки:

Стъпка 1: Прилагане политиката на Комисията за управление на засушаванията на национално ниво;

Стъпка 2: Определяне целите и задачите на управление на засушаването, основани на риска;

Стъпка 3: Участие на всички заинтересовани страни с цел разрешаване на конфликти между ключови сектори за използване на водите;

Стъпка 4: Идентифициране на рисковите групи и финансови ресурси;

Стъпка 5: Подготовка на плановете, които ще включат следните елементи:

- мониторинг, ранно предупреждение и прогнози;
- оценка на риска и на въздействието;
- смекчаване и реагиране;

Стъпка 6: Определяне на изследователските нужди и допълване на институционалните пропуски;

Стъпка 7: Интегриране на научните и политическите аспекти при управление на засушаванията;

Стъпка 8: Популяризиране на политиката и националните планове за управление на засушаванията и изграждането на обществена осведоменост;

Стъпка 9: Разработване на образователни програми за всички възрастови групи и заинтересовани страни;

Стъпка 10: Оценка и преразглеждане на националната политика за управление на засушаванията и подкрепа на готовите планове.

Насоките на *WMO*, определящи ключовите компоненти за управление на риска, са основа за следващата стъпка - мъдър подход.

РДВ съдържа няколко разпоредби, свързани с недостига на вода. Въпреки това, правно обвързващи изисквания, специално насочени към решение на въпросите на засушаването, не са включени в Рамковата директива за водите. Независимо от този факт, РДВ е достатъчно гъвкав инструмент, позволяващ интегрирането на въпросите на засушаването в контекста на интегрираното управление на водите. Превантивните и смекчаващи мерки, необходими за намаляване на последиците от засушаването, могат да бъдат / или трябва да бъдат включени в ПУРБ и да станат част от програмата от мерки за постигане на целите на околната среда в съответствие с член 4 от РДВ. Правно основание за такава процедура предвижда член 13 (5) на РДВ, формулиран по следния начин: "Плановете за управление на речните басейни могат да бъдат допълвани от разработването на по-подробни програми и планове за управление на под-басейни, сектори, определен проблем или тип води, да се занимава с конкретни аспекти за управление на водите". Ако дадена държава-членка на ЕС счита засушаването като важен въпрос, трябва да разработи допълнителен план за управление. Решението дали засушаването е важен въпрос или не, е оставено на отделните страни. Разработването на двата планови документа (*ПУРБ* и *DMP*), следва да бъдат координирани за период от 6 години (2009 г., 2015 г., 2021 г.). Член 9 от РДВ изисква установяване на ценовата политика за стимулиране ефективното използване на водата. Това е силен икономически инструмент, който е свързан с недостига на вода и намаляване на уязвимостта към засушавания. Изисквания на РДВ са правно обвързващи. Изпълнението на тези задължения може да насърчи по-доброто интегриране на недостига на вода и засушаванията в системата за управление на водите. РДВ предоставя правно основание за разглеждане на засушаванията и във връзка с екосистемните нужди.

Планът за управление на засушаванията трябва да включва следните етапи:

- обща характеристика на речните басейни: климатични условия, количествено и качествено състояние на водните тела, водопотребление, водни ресурси (настояща стойност и тенденциите), водна инфраструктура, поливни системи, защитени територии (например влажни зони), почвена влага и др.;
- характеризирание на засушаванията въз основа на исторически събития (резюме от експертни проучвания);
- показатели и прагове за класификация на етапите на засушаване;
- прилагане на система за ранно предупреждение при засушаване;
- програма от мерки за предотвратяване и смекчаване на засушаванията;
- организационна структура (идентификация на компетентния субект, комитет или работна група, която да определи въздействието на засушаванията и да предложи мерки за управление);
- обновяване и проследяване изпълнението на Плана за управление на засушаванията;
- конкретни планове за водоснабдяването (съществуващите инфраструктури за водоснабдяване и наличните ресурси на подземните води могат да се използват за смекчаване на въздействието на засушаванията).

За характеризирането на историческите засушавания трябва да се използват метеорологични данни (валежи, температура на въздуха) и хидроложки данни (разход на вода, речен отток, обем на резервоари, ниво на подпочвените води) и други подходящи индикатори, избрани за тази цел. Важно е да се помни, че страните от Централна и Източна Европа имат сезонен климат, който изисква сезонен или месечин анализ. Годишните данни могат да скрият по-кратки изключително сухи периоди. Този факт трябва да се вземе предвид при оценката на историческите метеорологични и хидроложки данни от мониторинга. Препоръчват се три стъпки. Първата стъпка се

фокусира върху оценката на серия от данни в съответствие с годишните характеристики или показатели (например годишен отток, годишни валежи и др.), които позволяват характеризирание на всяка година по отношение на условията на засушаване.

Резултатите от първата стъпка трябва да бъдат:

- идентифициране на “сухи години”;
- характеризирание на интензивността на “сухи години” (използвайки термини като нисък, среден, силен);
- оценка на тенденцията за възникване на засушаване;
- избор на значителни “сухи години” за подробна оценка на последните засушавания.

Втората стъпка се фокусира върху по-подробна оценка на избраните значителни “сухи години”. Характеристиката на всяко засушаване трябва да включва оценка на:

- времево и пространствено разпределение на засушаването в рамките на речните басейни на национално ниво;
- продължителност и еволюция на засушаването (например на базата на месечната оценка на показателите на засушаване);
- тежестта на засушаване, определена въз основа на прагове;
- идентифициране на областите на засушаване.

Третата стъпка се фокусира върху оценката от изменението на климата и неговите последици за възникване на засушаването и тежестта на въздействието от засушаване. Оценката на изменението на климата включва:

- настоящи и бъдещи тенденции в развитието на природните фактори (валежи, температура);
- откриване на евентуално въздействие върху честотата на засушаванията и тежестта на въздействието им. Видовете въздействия могат да бъдат класифицирани в три категории - икономически, екологични и социални;
- мерки за приспособяване, свързани с влиянието на климатичните промени върху засушаванията.

По известните индикатори на засушаване, използвани в ЕС са:

Индикатори	Вид на засушаването
FAPAR (фракция на погълната от фотосинтезата активна радиация)	Метеорологична суша
Н (ниво на подпочвените води)	Хидроложка суша
SSPI (стандартизиран индекс за сняг)	Метеорологична суша
Почвена влага	Земеделска суша
SPI (стандартизиран индекс на валежите)	Метеорологична суша
SRI (стандартизиран индекс на оттока)	Хидроложка суша
WEI (индекс на експлоатация на водите)	Индикатор за недостига на вода

Засушаването трябва да се характеризира в зависимост от различните нива на интензивност и тежестта на неговите въздействия. Препоръчително е да се следва класификацията, дадена в доклада на ЕК за 2007 г., който определя 4 нива:

- Нормално положение - няма значително отклонение по отношение на средните стойности на избраните показатели на засушаване;
- Предварително предупреждение, когато мониторингът показва началния етап на развитие на засушаването;
- Сигнал за тревога се обявява, когато наблюдението показва, че засушаването се случва и най-вероятно ще има последици в бъдеще, ако мерки не се вземат веднага;
- Аварийен сигнал се обявява, когато показателите за засушаване показват, че въздействията са настъпили и водоснабдяването не е гарантирано.

Класификационната система трябва да се основава на праговите стойности, определени за избрани метеорологични и хидрологични показатели на засушаването.

Праговете се нуждаят от преразглеждане след известно време, тъй като засегнати сектори биха могли да получат по-висок или по-нисък приоритет въз основа на доказани въз-

действия по време на настъпване на засушаването.

Основната цел на програмата от мерки е да се сведе до минимум риска от въздействието на засушаванията върху икономиката, социалния живот и околната среда. Програмата от мерки следва да бъде определена за всяко ниво на засушаването. Мерките могат да бъдат класифицирани в зависимост от предназначението им и се групират както следва:

- превантивни или стратегически мерки;
- оперативни мерки;
- организационни мерки;
- последващи мерки;
- мерки за възстановяване.

Сред мерките, които могат значително да допринесат за ограничаване на негативните ефекти от засушаване е зелената инфраструктура, която запазва естествената вода. Те включват възстановяване на заливните низини и влажните зони, които могат да задържат вода в периоди на прекомерни валежи.

Друга мярка, която може да намали риска от засушаване е увеличаване на водния капацитет в почвата, като се увеличат и площите на горите.

Алтернативен вариант е повторното използване на водата за напояване и

промишлени цели. Поради липсата на общи стандарти за здравето и околната среда за повторно използваната вода този вариант в момента се използва в ограничена степен в ЕС.

Превантивните мерки при засушаване са в тясна връзка с другите въздействия от изменението на климата (наводненията) и затова трябва да се разглеждат междусекторно и интегрирано.



Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe



PROGRAMME FRAMEWORK

Responding to Drought in the Central and Eastern Europe

В рамките на проекта *IDMP* ще бъдат разработени 6 демонстрационни проекта за добри практики за предотвратяване на негативното въздействие на засушаванията. Повече информация за резултатите от изпълнението на проекта ще можете да намерите на страницата на Глобално партньорство по водите в Централна и Източна Европа (www.gwpcee.org) през м. април 2015 г.

„Ние просто не можем да си позволим да продължат действията ни по един разпокъсан начин, задвижван от кризата, а не от превенцията“.

Генерален секретар

на Световната метеорологична организация (WMO) - Мишел Жаро.

Основни референтни материали:

WMO/GWP. 2011. Integrated Drought Management Programme, A joint WMO-GWP Programme, Concept Note, Version 1.2. <http://www.idmp.info>

European Commission. 2007. Drought Management Plan Report, including Agricultural Drought Indicators and Climate Change Aspects. Technical Report-2008-023, p.109 http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf

European Commission. 2012. Water Scarcity & Droughts-2012 Policy Review, p. 5 <http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/non-paper.pdf>

Доц. д-р инж. Н. Гаджалска, доц. д-р инж. Пл. Петков
ИПАЗР „Никола Пушкарров“-София

ЕКОЛОГИЧЕН МОНИТОРИНГ В ХИДРОМЕЛИОРАТИВНИТЕ СИСТЕМИ

ENVIRONMENTAL MONITORING IN IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS

Assoc. Prof. Eng. Nelly Gadjalska, Ph.D., Assoc. Prof. Eng. Plamen Petkov, Ph.D.
Institute of Soil Sciences, Agrotechnologies and Plant Protection
"N.Poushkarov"-Sofia, Bulgaria

Summary: *The main need of environmental monitoring in irrigation and drainage systems is related to the requirement of preserving the ecological purity of the natural elements of landscape irrigation (soil and water).*

The conduction of monitoring allows systems to establish the direction and rate of change of hydrogeological and closely associated soil ameliorative processes and to perform an accurate assessment of the ecological status of such areas, and to establish their conformity to standards for environment and efficient use of nature. This also helps to develop the necessary activities and measures to preserve the nature and to rise the low soil fertility.

This paper deals with the investigation of the main prerequisites for monitoring in irrigation systems, the basic principles of monitoring, the monitored components, the evaluation criteria, the organization of observations for monitoring activity in irrigated agricultural lands, the assessment of the environmental condition of irrigated areas, the processing and systematization of data of the monitoring. The information collected from environmental monitoring can be used as a starting database of designer firms to justify technical solutions for the reconstruction of irrigation systems associated with the necessity of an irrigation.

Key words

Irrigation, environmental monitoring, monitoring of waters and soils, water quality, surface waters, underground waters, soils quality, erosion, salinity.

ВЪВЕДЕНИЕ

Правилното опазване и еколого-съобразно използване на земеделските земи с изградени хидромелиоративни системи и съоръжения може да бъде постигнато само чрез организиране и провеждане на съответен екологичен мониторинг в тях. Същият трябва да е неделим и съществен елемент от собствения хидромелиоративен мониторинг, който следва да се провежда в такива земи като част от дейностите, свързани с техническата експлоатация и поддържането на съоръженията.

Под екологичен мониторинг в хидромелиоративните системи се раз-

бира програмируем процес на наблюдения, измервания и регистриране на различни показатели и характеристики на водите и почвите в мелиорираните земеделски земи, вземане и изпитване на почвени и водни проби и обработка, анализ и оценка на получените данни, с цел установяване на посоките и степента на изменение на процесите в тези компоненти и за съблюдаване на изискванията и стандартите по опазване и ефективно използване на околната среда.

Резултатите от такъв мониторинг пряко могат да се използват като изходна база за вземане на решения

при експлоатацията и поддържането на хидромелиоративните системи и съоръжения, за обосноваване на техническите решения по тяхната реконструкция и модернизиране, уточняване на насоките и приоритетите на инвестиционната политика, оценка на достоверността на почвено-мелиоративните и др. прогнози и за разработване на комплексни мероприятия по опазване на природните елементи в земеделските земи.

Необходимостта от създаване и използване на система за екологичен мониторинг и провеждане на наблюдения в мелиорираните земеделски земи се определя от това, че наличието и функционирането на инженерните хидромелиоративни съоръжения и взаимодействието им с основните компоненти на околната среда в тези земи обуславят редицата особености и промени в последните в процеса на експлоатация на съоръженията.

Следва да се подчертае, че понастоящем в изградените и използвани хидромелиоративни системи у нас не се извършват наблюдения и измервания на каквито и да са показатели, характеризиращи състоянието и измененията на основните компоненти на околната среда – води и почви.

От друга страна във функциониращата у нас Национална мониторингова мрежа не се наблюдават компоненти на околната среда в земеделски земи с изградени такива съоръжения.

СЪЩНОСТ НА ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ

Екологичният мониторинг има за цел гарантиране здравето и живота на населението и животните чрез опазване на почвите, водите във водните обекти и земеделските култури от възможно неблагоприятно въздействие на антропогенните фактори, като регламентира изискванията към качеството и безопасността на водите и почвите при условията за поддържане на земята в добро земеделско и екологично състояние.

Мониторингът представлява комплекс от специфични дейности, които осигуряват информация за оценки и прогнози за състоянието на повърх-

ностните и подземните води и на почвите. Вниманието се отделя и на останалите елементи на околната среда – въздух, флора и фауна, доколкото те са във взаимовръзка с основните два компонента или пък самите хидромелиорации влияят върху тях.

Оценката на екологичното състояние на мелиорираните земеделски земи се извършва въз основа на данните за:

- качествата на повърхностните и подпочвените води, използвани за напояване;
- процесите на засоляване и осолонцоване на почвата;
- балансът на хранителните вещества в почвата и влажностния ѝ режим;
- неблагоприятните инженерно-геоложки процеси – напоителна ерозия, суфозия и др.;
- режима на подпочвените води;
- природните и антропогенните фактори, влияещи върху екологичното състояние на площите.

Разбира се, за всяка хидромелиоративна система обектите за оценка и контрол следва да се избират в зависимост от влияещия фактор, определящ екологичното състояние на площите, като броя и вида на наблюдаваните показатели е различен.

Управлението и изпълнението на дейностите по екологичния мониторинг се извършват от собствениците и лицата, осъществяващи мониторинга в напоителните системи и съоръжения, титулярите на разрешителните за водовземане за напояване и/или за ползване на водните обекти, които са задължени да провеждат собствен мониторинг на водите и почвите в границите на напояваните от тях земеделски земи. За целта те са задължени да изпълняват програма за собствен екологичен мониторинг в съответствие с изискванията, определени в издадените им разрешителните за водовземане или ползване на воден обект.

ОБХВАТ НА ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ

Организация на мониторинговата дейност в мелиорираните земеделски земи

Основа на всяка мониторингова дейност е наблюдението. Обектът на мониторинг в нашия случай има определени граници и те са границите на мелиоративните системи или определена нейна екологично застрашена част.

Като основа за изграждане на наблюдателната мрежа е правилната организация на наблюдението в мелиорираните земеделски площи, която изисква:

- оптимално разполагане на пунктовете (станции) за наблюдение, отчитайки представителността им за разглежданата територия и разходите за извършване на наблюденията;
- обезпечаване на наблюдателните пунктове със средства за оперативно измерване на наблюдаваните елементи на околната среда;
- създаване на организация за провеждане на наблюденията и измерванията на следените елементи и тяхното по-нататъшно събиране, запазване и предаване за обработка.

При проектирането, създаването и поддържането на мрежа за екологичен мониторинг в площите на мелиоративните системи, обслужващата площ трябва да бъде разделена на две основни зони:

- непосредствена зона на влияние на системата (обикновено това е площта в контурите на системата) и
- отдалечена зона на влияние на системата.

Определянето на границите на зоните се извършва въз основа на редица показатели, главните от които са:

- режимът на нивото на подпочвените води;
- режимът на повърхностния отток;
- хидроложките и топографски условия и др.

Използването на експериментални участъци се препоръчва в случаи на по-детайлни изследвания, свързани с площи с по-сложни мелиоративни условия. При избора и разполагането на експерименталните участъци се отчитат природно-мелиоративните условия на територията.

Необходимо е да се избират най-типични почвени разновидности, на кои-

то проведените наблюдения и измервания могат да бъдат екстраполирани за цялата система или район. Като цяло площта на подобни експериментални участъци се препоръчва да се движи от 500 до 2 000 дка, в зависимост от конкретните условия (теренни и експлоатационни).

Особено за провежданите наблюдения, включени в екологичния мониторинг на мелиорираните земеделски земи, са периодичните наблюдения на свойствата на почвата едновременно с наблюденията на подпочвените води.

Наблюдения за качествата на почвата в хидромелиоративните системи

Един от най-добрите методи за провеждане на наблюдения за състоянието на площите е методът на рекогносцировъчните наблюдения. Той се базира най-вече на визуалните наблюдения за проявяването на един или друг негативен процес и интервюирането на собствениците на наблюдавания обект (в случая мелиорирана площ).

Този метод включва:

- събиране на информация за състоянието на културите, отглеждани върху мелиорираните площи и добивите от тях;
- системни наблюдения за техническото състояние на хидромелиоративната мрежа и съоръженията към нея;
- наблюдения върху провеждания хидромелиоративен процес (напояване или отводняване);
- наблюдения за проява на неблагоприятни процеси (напоителна ерозия, заблатяване, засоляване и др.).

Като най-важни наблюдения на почвата в хидромелиоративните системи се считат:

- наблюденията за солевия режим, необходими за установяване степента и типа на засоляване на почвата, съдържанието на соли и комплектността на почвата;
- установяване на връзката между динамиката на засоляване на почвата и режима на нивото и химичния състав на подпочвените води;

- слеждане на динамиката на солевия баланс;

- слеждане изменението на солевото съдържание на отделните почвени типове и прогнозирането му;

- оценяване ефективността на проведените хидромелиорации.

Към методите за наблюдаване на солевия режим на почвите могат да се отнесат: почвените проби в постоянни пунктове за наблюдение на почвата (16X16м), наблюденията на стационарни еталонни площадки, наблюденията на експериментални участъци и др. Те трябва да се избират и разполагат в типични почвени и хидрогеоложки условия в близост до опорни наблюдателни кладенци, свързани с режима на подпочвените води и на площи с повишена засоленост или солонцоватост на почвите или при недълбоко разположени минерализирани подпочвени води. Наблюденията са препоръчителни при мелиорирани площи с ниска естествена дренираност и при площи, естествено засоленни – независимо от дълбочината на подпочвените води.

Лабораторно се определя съдържанието на Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , рН. При площи, застрашени от замърсяване с пестициди, допълнително се определя съдържанието на NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} и хлорорганичните пестициди. Вземането на почвени проби от постоянните пунктове за анализ се извършва два пъти годишно – в началото и в края на вегетационния период.

За определяне на *запасите от влага в почвата* и установяване на сроковете и нормите за поливки, се наблюдават водно-физичните свойства на почвите и на почвено-хидроложките константи – пълна влагоемкост на почвата (ПВ), пределна полска влажност (ППВ), влажност на трайно завяхване (ВТЗ) и т.н. Пунктовете за наблюдение на влажността на почвата трябва да съвпадат с пунктовете за наблюдение на солевия режим.

Наблюденията на почвите за възникване на процеси на ерозия са препоръчителни при следните условия: напояване с дебит $> 9,5 \text{ mm}$ и дъжд с интензитет $> 0,18 \text{ mm/min}$, мелиорира-

ни почви с наклон по-голям от 6° и почви с ниска степен на ерозионна устойчивост – слабохумусни с богата прахова фракция и висок текстурен коефициент.

Наблюдения за качествата на водите в хидромелиоративните системи

Следенето на замърсяването на повърхностните и подпочвените води е другата важна задача на екологичния мониторинг в хидромелиоративните системи. Качеството на водите може да се влоши от промишлено производство в района на системата, торене, пестициди, отточни води от животновъдни комплекси.

Степента на замърсеност на водите може да се означава като:

- условно чисти;

- със следи от съдържание на токсични вещества под пределно допустимите концентрации;

- със следи от съдържание на токсични вещества над тях.

По хронологични графици се определя режима на замърсяване (устойчив, сезонен или епизодичен).

Използването на води с повишена минерализация за напояване, изисква установяване на количествения и качествен състав на водата по отношение на съдържащите се в нея соли, механичния състав на почвата и начините за защита от засоляване. При слабо засолени води трябва да се отчита самоочистващата се роля (буферната способност) на почвата, която би възстановила екологичното равновесие.

Определянето на годността на водата за напояване на земеделските култури се извършва съгласно Наредба № 18 от 2009 год. за качествата на водите за напояване на земеделските култури. Съгласно нея пробите от повърхностните, напоителните, дренажните и подпочвените води се изследват за съдържание на сух остатък, Еw, рН, съдържание на органични вещества, хумус, йони на Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , а също и за хлорорганични пестициди.

При установено добро качество на водите, наблюденията се извършват

един път годишно, а при повишена минерализация или неблагоприятен йонен състав – 2-3 пъти годишно (в началото, в средата и в края на вегетационния период). Водните проби от дренажните и колекторни води се вземат 1-2 пъти месечно, а в период на промивки – 3-4 пъти месечно.

За определяне качествения състав на водите за напояване в пунктовете за мониторинг, се провежда хидрометричен мониторинг за определяне на водните количества във водоизточника.

Мониторингът на водите се провежда посредством мрежи от пунктове, които се определят съвместно от местните компетентни органи при следните условия:

- на изхода на водовземните съоръжения - за повърхностни и подземни води;
- на магистралните канали в точката на отклоняване на води по главните разпределителни канали - в случай на опасност от изменение на качеството на водите при водоподаването им до напоителните полета;
- при язовирите - за водите на вход и изход язовир, като се вземат проби от различни нива.

Наблюдения за режима на подпочвените води в хидромелиоративните системи

Към наблюденията за режима на подпочвените води се отнасят:

- наблюдения за определяне на характера на сезонните, годишните и многогодишните изменения на нивото, температурата, минерализацията и химическия състав на подпочвените води в мелиорираните площи и непосредствено прилежащите към тях немелиорирани такива;
- наблюдения за нивото, температурата, минерализацията и химическия състав на напорните водоносни хоризонти, с които подпочвените води се намират в хидравлична връзка;
- установяване на влиянието на подпочвените води върху водния и солеви режим на мелиорираните площи;
- оценка на правилността на хидрогеоложките прогнози и на ефекта от мелиорирането на площите;
- отчет и анализ на природните и стопански фактори, определящи зако-

номерностите на режима на подпочвените води.

В зависимост от характера на решаваните задачи, наблюдателните мрежи са:

- национална мониторингова мрежа от наблюдателни кладенци за режимни хидрогеоложки наблюдения;
- мрежи за локален мониторинг на подземните води за всеки подземен воден обект - предмет на мониторинга, разположен в мелиорираните площи.

Наблюдателните кладенци от националната мониторингова мрежа (НСМОС) не винаги ще отговарят по разположение и брой на кладенците на изискванията на мониторинга за контрол и наблюдение на екологичното състояние на площите в хидромелиоративните системи, но трябва да бъде използвана, за проверка на провежданите наблюдения.

Минималната честота за наблюдение на водното ниво или дебита е 12 пъти годишно за безнапорните подземни води и 4 пъти годишно за напорните подземни води. Честотата на пробонабиране при контролния мониторинг е 2 или 4 пъти годишно, като за основните физикохимични показатели честотата е – 2 до 4 пъти годишно, за допълнителните физикохимични показатели честотата е – 1 до 4 пъти годишно; за металите и металоидите е 1- 2 пъти, като само за отделни метали честотата на пробонабиране е 4 пъти годишно. За органичните вещества – 1 път годишно.

Наблюдателните кладенци от локалната мониторингова мрежа, следва да бъдат разположени съобразно хидрогеоложките, почвените и мелиоративно-стопанските условия и със задача да обезпечават следенето на режима на подпочвените води в изследвания подземен обект в мелиорираната площ. При еднородни почвено-хидрогеоложки условия може да се приеме като достатъчно по един наблюдателен кладенец на всеки 2-3000 dka мелиорирана площ, разположен в централната част на наблюдавания масив, далеч от междустопански и магистрални канали и колектори. При нееднородни почвено-хидрогеоложки условия броят на кладенците може да бъде

увеличен до 2-4, по един във всеки вид условия. При наличие на систематичен дренаж, кладенецът се разполага в средата на междудренажното разстояние.

Оценка на екологичното състояние на площите в хидромелиоративните системи

Оценяването на екологичното състояние на площите в хидромелиоративните системи се състои в извършването на оценка на състоянието на двата основни компонента на хидромелиоративния ландшафт – почва и вода и свързаната с тях структура на водния и солеви баланс. Основното в извършването на оценката е да се посочат тенденциите и посоката на развитие на процесите в тях. Към обхвата на дейността по екологичния мониторинг можем да отнесем:

Оценка на екологичното състояние на почвата

Към елементите на оценка на състоянието на почвите трябва да се отнесат:

- оценка на механичния състав, текстурния коефициент, дълбочината на профила;
- оценка на водно-физичните свойства на почвата;
- оценка на химическия състав на почвите, налични замърсители и степен на замърсеност;
- оценка на състоянието на почвата в района на системата или нейна част по отношение на съществуващи екологични нарушения (засоляване, заблатяване, ерозия, киселяване) обхвата и степента на тяхното проявление;

Критериите за оценка на състоянието на почвите са нормите за пределно допустимото съдържание на вредни вещества и тяхното бонитетно категоризиране.

Оценка на солевото състояние на почвите

В зависимост от солевото състояние на почвите същите се разделят на естествено засолени, вторично засолени, почви с потенциална опасност от вторично засоляване и незасолени почви.

Оценяването на степента на засоляване на почвите се извършва в зависимост от съдържанието на соли (в % от теглото на сухата почва) и електропроводимостта на наситен почвен извлек (в mmho/sm). Класификацията на почвите в зависимост от степента на засоляване е: незасолени, слабо засолени, средно засолени, силно засолени, много силно засолени и солончаки.

Оценяване на почвите в зависимост от тяхното токсично действие върху растенията може да се извърши по показателите: съдържание на токсични соди и хлориди и съдържание на сулфати на натрия и магнезия в почвата.

Оценка на почвите по почвено плодородие се извършва в зависимост от мощността на хумусния хоризонт, съдържанието на хумус, подвижен фосфор, обменен калий и рН

Оценка на почвите по съдържание на тежки метали За определяне на това им състояние могат да се използват пределно-допустимите концентрации (ПДК) на съответните метали в почвата.

Оценяване на почвите при ерозионна устойчивост при повърхностно напояване

Тя се извършва на базата на критичната поливна струя – Qкр. която е онази водна струя, която пусната в началото на поливните бразди предизвиква ерозионен толеранс в края на поливната площ в размер на 20-25 kg/dka от една поливка.

Оценка на екологичното състояние на водите

Подпочвени води

Анализът и оценката на екологичното състояние на подпочвените води в територията на хидромелиоративните системи следва да се извършва по отношение на:

- тяхното качество и химическия им състав;
- нивото на подпочвените води;
- динамиката на нивото на подпочвените води.

Качествата на подпочвените води се оценяват по показатели и критерии,

регламентирани в Наредба № 18, ДВ, бр.43/2009 год. за качествата на водите за напояване на земеделските култури. Освен определянето на тяхното екологично състояние, може да се изяснява връзката между подпочвените води и някои негативни почвени процеси като вторично засоляване.

Оценката на нивото на подпочвените води спомага да се оценяват количествените изменения на подпочвените водни ресурси и влиянието им върху почвените процеси засоляване или алкализирание, а също и върху развитието на растенията.

Оценката на динамиката на нивото на подпочвените води се извършва за всеки конкретен случай, като задължително се свързва с влажността в коренообитаемия слой на почвата за отглежданите селскостопански култури и капилярните свойства на съответния вид почва.

Води за напояване

Нарастващите потребности от напоителна вода, налагат необходимостта от използването на минерализирани опасни, дренажни, подземни и отточни води за такива цели. Водоразтворимите соли, съдържащи се в такива води, действат подтискащо на развитието на повечето земеделски култури. Освен това въздействие се оказва и върху фиксацията на азот, нитрификацията и амонификацията на почвите.

Годността на водата за напояване зависи от много фактори: типа на почвите, степента на тяхното естествено засоляване, литоложкия състав на подпочвата, водно-физичните им свойства, характера на дренираност на територията, хидрогеоложките и климатични условия, начините и режима на напояване, типа на напояваните култури, приетата агротехника. Затова оценката на напоителните води се извършва конкретно за всеки обект, отчитайки всички изложени по-горе фактори.

Оценката на водите за напояване на земеделските култури се извършва по критерии, определящи пригодността на водите за напояване. Основните наблюдавани показатели, формиращи критериите за оценка са регламентира-

ни нормативно в приложение № 1 на Наредбата за качествата на водите за напояване на земеделските култури (Наредба № 18, Д.В.бр.43 от 2009 г.)

Оценката на качествата на напоителните води следва да се извършва на базата на резултатите от водни проби по съществуващите приети нормативи за ПДК на индикаторите.

Не се допуска използването на води за напояване, чиито качества по физични, химични и микробиологични показатели превишават пределно допустимите стойности, определени в Наредба № 18. Те могат да се използват за напояване само след съответно пречистване (механично, химично или биологично) и обеззаразяване, така че качествата на водата да отговарят на изискванията на тази Наредба. При невъзможност за пречистване до пределно допустимите стойности по цитираната наредба, пригодността за напояване се определя, като се взема предвид взаимовръзката между почвен тип, вида на напояваните земеделски култури, включително поливен режим, хидрогеоложки условия и технология на напояване, включително необходимите водни количества, определени в съответствие с поливните и напоителните норми.

Обща оценка на екологичното състояние на площите в хидромелиоративните системи

Общата оценка на екологичното състояние на площите в хидромелиоративните системи се извършва на базата на резултатите от наблюденията на по-горе изброените показатели и обхваща хидрогеоложкото и почвено-мелиоративното състояние на площите.

Показателите за комплексна оценка на хидрогеоложкото и почвено-мелиоративното състояние на площите могат да се разделят на три групи. В първата влизат показателите, непосредствено характеризиращи състоянието на земята в момента на оценката. Във втората – показателите, отразяващи направлението и интензивността на измененията, протичащи вследствие на мелиорацията. В третата група влизат показатели, имащи важно значение при провеждане-

то на мелиорацията, но неотразяващи мелиоративното състояние на земята, например качеството на поливната вода, характера на релефа на площите, влагообезпечеността на горния метров слой и др.).

Оценката се извършва по бална система по отделно за хидрогеоложкото и почвено-мелиоративното състояние на мелиорирани земи и прилежащите им площи, в зависимост от мелиоративното усвояване на земите.

Общата оценка се извършва въз основа на средния бал. При среден бал под 0,3, състоянието на земите се определя като добро. Когато средният бал е между 0,3 и 1,0 – състоянието е удовлетворително. При среден бал 1,0-5,0 – състоянието е удовлетворително, но с постоянна опасност от влошаване. Среден бал 5,0-10,0 дава основание да се счита, че състоянието е неудовлетворително. Когато значението на средния бал е над 10,0 - използването на земите без конкретни мелиорации е невъзможно.

Обработка на данните от наблюденията и измерванията

Първичната обработка на данните от извършените наблюдения и измервания на показателите на екологичната обстановка се прави от лицата, пряко натоварени с тяхното събиране. Данните се изпращат на собствениците/операторите на хидромелиоративните системи за допълнителна обработка, оформяне в таблици, номограми, профили, карти и др. с оглед систематизиране, онагледяване и извършване на екологичната оценка на земеделските земи с хидромелиоративни системи. Получената по този начин информация се изпраща в районните органи на МОСВ-РИОСВ и дирекция „Хидромелиорации“ към МЗХ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените данни при провеждането на екологичен мониторинг в земеделските земи с изградени хидромелиоративни системи и съоръжения с представената организация и обхват,

заедно с резултатите от останалите елементи на хидромелиоративния мониторинг, дават възможност за действителна оценка на състоянието на съоръженията и на основните компоненти на околната среда в обхванатите от тях площи и за предприемането на адекватни действия за тяхното подобряване и ефективно управление.

Във връзка с това, изграждането и експлоатацията на системите за екологичен мониторинг и провеждането на всички дейности в неговия обхват при такива земеделски земи, следва да се регламентират със съответна нормативна уредба и спазването на същата да стане задължителна при проектирането, строителството и експлоатацията на хидромелиоративните системи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджалска Н., Р. Петрова, Ев. Марков, 2010 г., Допустими норми на качествения състав на водите използвани за напояване на земеделските култури, сп. „Селскостопанска техника“, кн. 1.
2. Гаджалска Н., Пл. Петков, 2008 г. Мониторингова система за екологична оценка на напояваните и отводняваните земеделски земи, Научен отчет ССА.
3. Гаджалска Н., Р.Петрова, 2007, Нормативни изисквания към качествата на водите за напояване., Водно дело, кн.1, с.11-16,
4. Петков, Пл., Ив. Върлев, 1997, Екологични проблеми на хидромелиорациите и поливното земеделие, Селскостопанска наука, год. XXXV, кн. 5-6: 56-59
5. Bauder T.A., G.E. Cardon, R.M. Waskom, and J. G. Davis, 2004, Irrigation Water Quality Criteria, Colorado State University Cooperative Extension.
6. Petkov, Pl., N.Gadzhalska, S.Petkov, 2003, Water Resources Management in Bulgaria and their Efficient Use in Agriculture, Conference “Integrated Water Management Policy Aspects”, Nicosia, Cyprus.

Нина Филипова

**ИНТЕРАКТИВНА КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА ПРОЕКТИРАНЕ
НА СИСТЕМА ЗА ПОДПОЧВЕНО КАПКОВО НАПОЯВАНЕ
ЗА МАЛКИ ПЛОЩИ**

**AN INTERACTIVE COMPUTER PROGRAM FOR SUBSURFACE DRIP
IRRIGATION SYSTEM DESIGN FOR SMALL PLOTS**

Nina Philipova

Institute of Mechanics, the Bulgarian Academy of Sciences,
Acad. G. Bonchev Str., Bl. 4, 1113 Sofia, Bulgaria,
e-mail: philipova@imbm.bas.bg

Резюме: Разработена е компютърна програма за проектиране на системи за подпочвено капково напояване пригодена за малки площи до 10 ha. Програмата включва две основни части: оразмеряване на напоятелната система съобразно изисквания на системата култура-вода и хидравлични изчисления. Тя е разработена в Graphical User Interface на програмния пакет MATLAB и дава възможности за интерактивен избор на определени параметри от таблици като: агрофизични свойства на почвите, характеристики на съответната култура, климатични данни и др. Тя позволява на ползвателя на програмата да приеме и зададе определена стойност, така например дебит на капкообразувателя, размери на парцела и др. В хидравличната част на програмата са заложени осем случая на разположение на системата, съобразно разположението на водоизточника и броя на напояваните парцели. Тя включва оразмеряване на капкуващото крило, на разпределителен и главен тръбопровод. Програмата е компилирана за работа в Windows.

Ключови думи: Подпочвено капково напояване, изисквания на системата култура-вода, хидравлично оразмеряване, интерактивно програмиране.

Key words: Subsurface drip irrigation, crop water requirements, hydraulic design, graphical user interface.

I. Introduction

On the demand side of the natural resource outlook, median projections of global population growth suggest a rise from 6.9 billion today to around 9.1 billion in 2050, an increase of 32 %. The World Bank has projected that demand for food will rise by 50 % by 2030, and for meat by 85% by the same year [1]

UNESCO projects that total global water use will rise by 32% between 2000 and 2025, while United Nation Development Program notes that global

water use has been growing nearly twice as fast as population for over a century, and will continue to do so [1] .

“To achieve a resource-efficient Europe, we need to make technological improvements, a significant transition in energy, industrial, agricultural and transport systems, and changes in behavior as producers and consumers” [2].

The European Commission has identified agriculture as the priority sector in which measures to combat water scarcity need to be considered [3]. Fostering

water efficient technologies and practices is one of the main policy options of European Commission since 2007 [4].

World global trends of water scarcity impose to direct more investments to developing new and more efficient irrigation technologies. It requires improvement of irrigation equipment and development of softwares for irrigation scheduling. It is necessary the frustrating innovations in agriculture sector, particularly in modern irrigation technologies and their applying in practice, to be one of the most important priority of the governments.

The authors of this paper have a goal to develop interactive program for subsurface drip irrigation system scheduling.

Some softwares are known such as Hydrocalc (Netaphim), Aqua Flow 3.0 Design (Toro), Norveco and etc. All of them offer hydraulic calculations of a drip irrigation system. A computer program is developed by [5] for hydraulic evaluations of drip irrigation system and its' optimization. An interactive program is accomplished for surface drip irrigation system scheduling consisting of crop-water requirements and hydraulic calculations [6].

The developed program described in this paper is performed in Graphical User Interface (GUI) in MATLAB. It includes two main parts: crop water requirements and hydraulic calculations. It gives convenient way for choosing soil, crop, climate data and emitter characteristics. GUI in MATLAB offers variety of interactive elements: tables, edit texts, radio buttons, pull down menus and push buttons, which can be easily implemented and additionally coded for performing the necessary calculations.

II. Crop Water Requirements

1. Total Available Water Capacity, (TAW)

The methodology given below is based on the adopted knowledge during the attended course on modern irrigation technologies in Israel.

Total available water capacity can be calculated according to the following formulae:

$$TAWC = (FC - WP) \times BD \times 10, [\text{mm}] \quad (1)$$

where: FC - the field capacity, [%] (weight basis), (Table data according to [7]); WP - wilting point, [%] (weight basis), (Table data are according to [7]); BD - the bulk density of the soil, [g/m^3], (Table data are according to [7]). We can choose from first window of the program (Fig. 1) soil characteristics holding the CTRL button. They are for clay-loam soil the following: $FC = 40\%$, $WP = 25\%$ and $BD = 1.3 \text{ g}/\text{m}^3$. $TAWC$ can be calculated by the program. Infiltration rate $IR = 6.4 \text{ mm}/\text{h}$ is assumed for $0 \div 4\%$ of the slope. (Table data are according to [8])

2. Readily Available Water (RAW) in the main or effective root zone:

The authors investigate the lateral depth under subsurface drip irrigation conditions in the literature. The table data for lateral depth is conformed with the present experience of researchers in this field of science [9-12].

The RAW is determined by means of the next equation:

$$RAW = TAWC \times DRZ, [\text{mm}] \quad (2)$$

where: DRZ - the design root zone or the effective root depth, [m], (Table data are according to [13]).

We can choose $DRZ = 0.9 \text{ m}$ and $MAD = 40\%$ for tomatoes from the second window of the program and the RAW can be calculated.

3. Design Net Water Requirement (NWR).

It can be obtained by calculating the following expression:

$$NWR = RAW \times MAD, [\text{mm}] \quad (3)$$

where: MAD - the maximum allowable depletion for the corresponding crop, [%], (Table data are according to [13]), $MAD = 30 \div 70\%$; WAR - the wetted area ratio, [%].

The equation obtained by Sepulveda and Zazueta [14] is the following:

$$WD = 0.01 \left(\frac{q_e \times DRZ}{IR} \right)^{1/3}, [\text{mm}] \quad (4)$$

where: WD - the wetted diameter by the emitter, [m]; q_e - the emitter discharge [l/hr]; IR - the infiltration rate, [m/s].

CWR1

Soil Characteristics

	FC	WP	Bulk Density
Sand	15	7	1.6500
Loamy Sand	18	7	1.6500
Sandy Loam	20	8	1.5100
Loam	25	10	1.5000
Silty Loam	30	12	1.4500
Silt	30	6	1.3800
Clay Loam	40	25	1.3000
Silty Clay Loam	38	22	1.4000
Silty Clay	40	27	1.2100
Clay	40	28	1.3000

Infiltration Rate mm/hr

	0-4% of Slope	5-8% of Slope	9-12% of Slope
Sand	27.1400	21.7600	16.3800
Loamy Sand	22.5300	17.9200	13.5700
Sandy Loam	19.2000	15.3600	11.5200
Loam	13.8200	11	8.5600
Silty Loam	12.8000	10.2400	7.6800
Silt	11.2600	8.9600	6.6600
Clay Loam	6.4000	5.1200	3.8400
Silty Clay Loam	9.2000	7.5000	5.6000
Silty Clay	4.8600	3.8400	2.8200

TAWC 195 IR 6.4

Fig. 1. Crop Water Requirements – first window of the program

CWR2

Lateral Depth

	Sandy soil	Loamy soil	Clay soil
turfgrass	0.1000	0.1000	0.1000
cucumber	0.1000	0.1800	0.2500
garlic	0.1000	0.1800	0.2500
lettuce	0.1000	0.1800	0.2500
onion	0.1000	0.1800	0.2500
peppers	0.1000	0.1800	0.2500
spinach	0.1000	0.1800	0.2500
cabbage	0.1500	0.2000	0.2500
carrots	0.1500	0.2000	0.2500
eggplant	0.1500	0.2000	0.2500
beans	0.1500	0.2800	0.3500
melon	0.1500	0.2800	0.3500
peas	0.1500	0.2800	0.3500
potatoes	0.1500	0.2800	0.3500
tomatoes	0.2000	0.3500	0.4500
watermelon	0.2000	0.3500	0.4500
cotton	0.2000	0.4000	0.6000

DRZ & MAD

	DRZ	MAD
turfgrass	0.4000	25
cucumber	0.4500	35
garlic	0.4500	35
lettuce	0.4500	50
onion	0.4500	40
peppers	0.4500	35
spinach	0.4500	25
cabbage	0.6000	35
carrots	0.6000	35
eggplant	0.6000	35
beans	0.7500	40
melon	0.7500	35
peas	0.7500	40
potatoes	0.7500	50
tomatoes	0.9000	40
watermelon	1.0500	45
cotton	1.3500	50

TAWC 195 IR 6.4

RAW 175.5 DRZ 0.9 MAD 40

Fig. 2. Crop Water Requirements – second window of the program

The wetted area for non-overlapping drippers can be estimated by the following formulae:

$$WAR = \frac{S_{wet}}{s_e \times s_l} = \frac{\pi \times WD^2}{4 \times s_e \times s_l}, [\%] \quad (5)$$

where: S_{wet} - the area wetted by the emitter, $[m^2]$; s_e - the spacing between the emitters, $[m]$; s_l - the spacing between the laterals, $[m]$.

We can assign value for emitter spacing choosing among 0.3 m, 0.4m, 0.5m

The screenshot shows the CWR3 software interface. It has a title bar with 'CWR3' and standard window controls. The main area contains several input fields and calculated results. On the left, there are four input fields: RAW (175.5), IR (6.4), DRZ (0.9), and MAD (40). Below these are two rows of input fields for spacing: 'Emitter Spacing, m' with a dropdown menu set to 0.5, and 'Emitter Spacing, m' with a text box set to 0.5. Next to it is 'Lateral Spacing, m' with a text box set to 0.6. Below that is 'Emitter Discharge, l/h' with a text box set to 1.6. On the right side, there are three calculated results: 'Wetted Diameter, m' (0.93217), 'WAR' (2.2737), and 'NWR' (159.6157). Each result is displayed next to a button with the same label.

Fig. 3. Crop Water Requirements – third window of the program

and 1m. These are emitter spacings for driplines suitable for subsurface drip irrigation proposed by the producer NETA-FIM-ISRAEL. The user can set up values for the lateral spacing and the emitter discharge in edit texts on the third window. The program calculates the wetted diameter WD , the wet area ratio WAR and the net water requirement NWR , pressing the corresponding push buttons.

4. Gross Water Requirement (GWR)

It can be calculated using the following expression:

$$WAR = \frac{S_{wet}}{s_e \times s_l} = \frac{\pi \times WD^2}{4 \times s_e \times s_l}, [mm] \quad (6)$$

5. Irrigation Interval (IrI) (Frequency of irrigation)

It is important for irrigation scheduling and is determined by the next ratio:

$$IrI = \frac{NWR}{Etc}, [\text{days}] \quad (7)$$

$$Etc = 0.75Et_p k_c, [\text{mm/day}] \quad (8)$$

where: Et - the peak daily crop evapotranspiration $[mm/day]$; Et_p - the reference crop evapotranspiration $[mm/day]$, (Table data are according to [15]); k_c - the crop coefficient. (Table data are according to [16]).

6. Application Rate (AR)

It can be evaluated as it follows:

$$WAR = \frac{S_{wet}}{s_e \times s_l} = \frac{\pi \times WD^2}{4 \times s_e \times s_l}, [\text{mm/hr}] \quad (9)$$

7. Duration of Irrigation

It can be determined by means of next relationship:

$$Dur.Irr. = \frac{GWR}{AR}, [\text{hr}] \quad (10)$$

8. Number of plots irrigated per day

This number depends on ratio between duration of irrigation and the assumed time for system operation:

$$Number\ of\ shifts = \frac{Dur.Irr}{Assumed\ time\ for\ system\ operation} \quad (11)$$

To obtain values for the gross water requirement, we point out the design efficiency in % in the edit text on the fourth window of the program and then we press the corresponding push buttons. Then, we have to select one value for the reference evapotranspiration from the table according to the climatic zone and one value for crop coefficient from the next table. The values for crop coefficient are editable and the user can give his own

value, which the program will use in the next calculations, but it will not be saved by the program. Then, we have to double press the push button for ET_c . The program will calculate the corresponding values pressing the buttons of the irrigation interval and the duration of irrigation. Assuming the time for operation the program calculates the number of shifts.

III. Hydraulic calculations

1. Hydraulic calculations of the lateral

1.1. Head losses due to friction along the lateral:

The Hazen-Williams Equation is used for calculating hydraulic gradient as it follows:

$$J_{\%lat} = 1.13 \times 10^{12} \left(\frac{Q_{lat}}{C_{lat}} \right)^{1.852} D_{lat}^{-4.87} \quad (12)$$

$$Q_{lat} = N_{e\ lateral} q_e F_Q \quad (13)$$

where: $J_{\%lat}$ - the hydraulic gradient of the lateral expressed by promiles [%]. Q_{lat} - the emitter discharge of the lateral [l/s]; $N_{e\ lateral}$ - the number of the emitters along a lateral; $F_Q = 2.7778 \cdot 10^{-4}$ - the conversion factor from liters per hour to liters per second; C_{lat} - the Hazen-William coefficient reporting pipe

The screenshot shows the CWR4 software interface. At the top, there are input fields for NWR (159.6157), Emitter Discharge, l/h (1.6), and Appl. Rate, mm/h (5.3333). Below these are Design Efficiency, % (0.9) and Emitter Spacing, m (0.5). Further down are GWR (177.3508) and Lateral Spacing, m (0.6). A table for Reference Evapotranspiration, mm/day is shown with columns for Mean daily temp. <15 deg. C, Mean daily temp. 15-25deg. C, and Mean daily temp. >25 deg. C. The table has rows for Desert/arid min, Desert/arid average, Desert/arid max, Semi arid min, Semi arid average, Semi arid max, and Sub-humid min. Below the table is a Crop Coefficient table with columns for Crop Coefficient and a list of crops: beans, melon, peas, potatoes, tomatoes, watermelons, and cotton. To the right of the Crop Coefficient table are buttons for 'Etc', 'Duration of Irr.', and 'Number of shifts'. At the bottom right, there are buttons for 'Irrigation Interval' and 'Assumed hours of operation'.

	Mean daily temp. <15 deg. C	Mean daily temp. 15-25deg. C	Mean daily temp. >25 deg. C
Desert/arid min	4	7	9
Desert/arid average	5	7.5000	9.5000
Desert/arid max	6	8	10
Semi arid min	4	6	8
Semi arid average	5	6.5000	8.5000
Semi arid max	6	7	9
Sub-humid min	3	5	7

	Crop Coefficient
beans	1.0500
melon	1.0500
peas	1.1500
potatoes	1.1500
tomatoes	1.1500
watermelons	1
cotton	1.1750

Etc 4.3125 Irrigation Interval 37.0123

Duration of Irr. 33.2533 Assumed hours of operation 8

Number of shifts 4.1567

Fig. 4. Crop water requirements – fourth window of the program

smoothness, $C = 150$ for plastic pipes; D_{lat} - the inside diameter of the drip lateral, [m], [17-18].

The head losses due to friction of the lateral, $\Delta h_{f lat}$ are according to next expression:

$$\Delta h_{f lat} = \frac{K_{loc lat} J_{lat} l_{lat} F_{c lat}}{1000}, [m] \quad (14)$$

where: $K_{loc lat}$ - coefficient reporting local head losses of the lateral, l_{lat} - the lateral length, [m]; $F_{c lat}$ - the Christiansen coefficient, reporting the number of outlets along the drip laterals. It can be calculated according to the formulae:

$$F_{c lat} = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N_{e lateral}} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N_{e lateral}^2} \quad (15)$$

$m = 1.852$

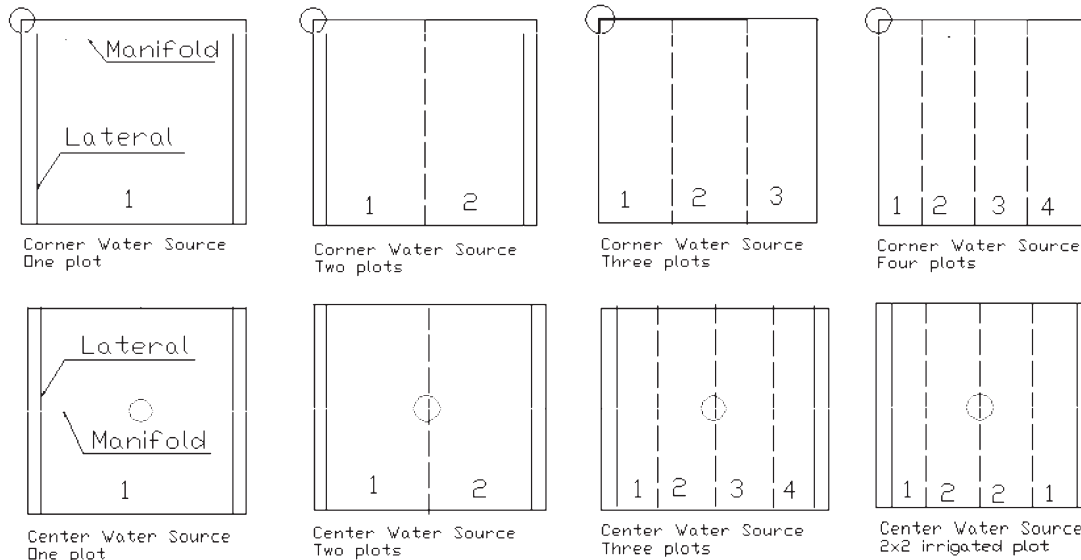


Fig.5. System layout

1.4. The pressure head losses along the lateral, Δh_{lat}

They are equal to the difference between the mentioned above two lateral hydraulic parameters:

$$\Delta h_{lat} = h_{lat u} - h_{lat d}, [m] \quad (18)$$

where: $h_{lat u}$ - the pressure head by the lateral inlet, [m]; $h_{lat d}$ - the pressure head by the last dripper, [m].

2. Hydraulic calculations of the manifold:

1.2. The pressure head by the lateral inlet, $h_{lat u}$

It can be determined as it follows:

$$h_{lat u} = h_s + 0.75 \Delta h_{f lat} \pm 0.5 \Delta z_{lat} \quad (16)$$

where: h_s - the nominal pressure head of the dripper, [m]; Δz - the elevation difference, [m], which is positive for uphill laterals and negative for downhill laterals, $\Delta z_{lat} = s l_{lat}$; s - the slope of the lateral, [%]; l_{lat} - the lateral length, [m], [17-18];

1.3. The pressure head by the last dripper, $h_{lat d}$

It can be obtained by means of the next expression:

$$h_{lat d} = h_{lat u} - \Delta h_{f lat} \mp \Delta z_{lat}, [m] \quad (17)$$

where: Δz - the elevation difference, [m].

2.1. Head losses due to friction along the manifold:

The hydraulic gradient of the manifold is calculated according to the Hazen-Williams equation:

$$J_{\% man} = 1.22 \times 10^{10} \left(\frac{Q_{man}}{C_{man}} \right)^{1.852} D_{man}^{-4.87} \quad (19)$$

$$Q_{man} = N_{lat} Q_{lat}, [l/m] \quad (20)$$

where: Q_{man} - the emitter discharge of the manifold; N_{lat} - the number of the later-

als per a plot; $J_{\%lat}$ - the hydraulic gradient of the manifold expressed in promiles [%]. C_{man} - the Hazen-William coefficient reporting manifold smoothness, $C=150$ for plastic pipes; D_{man} - the inside diameter of the drip manifold, [m].

$$\Delta h_{f_{man}} = \frac{K_{loc_{man}} J_{\%man} l_{man} F_{c_{man}}}{1000}, [m] \quad (21)$$

where: $\Delta h_{f_{man}}$ - the head losses due to friction along the manifold, [m]; $K_{loc_{man}}$ - the coefficient reporting local head losses of the manifold, l_{man} - the manifold length, [m]; $F_{c_{man}}$ - the Christiansen coefficient reporting the number of outlets along the manifold.

2.2. The pressure head by the manifold inlet, $h_{man,u}$

Analogically to lateral hydraulics, the pressure head by the manifold inlet will be according the next expression:

$$h_{man,u} = h_{lat,u} + 0.75 \Delta h_{f_{man}} \pm 0.5 \Delta z_{man} \quad (22)$$

where: $h_{lat,u}$ - the pressure head by the lateral inlet, [m].

2.3. The pressure head by the last lateral, $h_{man,d}$

It can also be calculated analogically by means the next formulae:

$$h_{man,d} = h_{man,u} - \Delta h_{f_{man}} \mp \Delta z_{man}, [m] \quad (23)$$

2.4. The head losses along the manifold, Δh_{man}

It is equal to the difference between the mentioned above last two manifold hydraulic parameters:

$$\Delta h_{man} = h_{man,u} - h_{man,d}, [m] \quad (24)$$

2.5. Requirement for allowable pressure variations:

The main requirement for allowable pressure variation has to be fulfilled as follows:

$$\Delta h_{lat} + \Delta h_{man} < 0.2 h_s \quad (25)$$

3. Hydraulic calculations of the main line.

The pressure head by the main line inlet, $h_{main,u}$.

It can be calculated using the previously mentioned formulae referred to the main line:

$$h_{main,u} = h_{man,u} + \Delta h_{f_{main}} \pm \Delta z_{main}, [m] \quad (26)$$

where: $h_{man,u}$ - the pressure head by the manifold inlet, [m]; Δz - the elevation difference, [m].

The user can set the values for lateral, manifold and main line slope. The program calculates whole lateral, manifold and main line hydraulics selecting drip line and emitter data and assuming the manifold and main line inside diameters and then choosing the system layout among the 8 cases according to Fig. 5. It compares the values of the allowable pressure head losses along the lateral and the manifold and these calculated by the program. The program gives the calculated value for the system discharge and the required system pressure head as final results important for the whole system design.

4. Pump station calculation.

4.1. Total Dynamic Head, TDH.

This characteristic is estimated as it follows:

$$TDH = h_{main,u} + \Delta h_{control\ head} + h_{TSH}, [m] \quad (27)$$

where: $h_{main,u}$ - the pressure head by the main line inlet, [m]; Δh_{TSH} - the total static head, [m]; $\Delta h_{control\ head}$ is the pressure head losses in the control head, which are equal to the sum of pressure head losses in the filter, Δh_{filter} , these in fertilizer tank, $\Delta h_{fertil.tank}$ and these in measuring and control devices $\Delta h_{measure\&\;control\ devices}$:

$$\Delta h_{control\ head} = \Delta h_{filter} + \Delta h_{fertil.tank} + \Delta h_{measur.\&contr.devices} \quad (28)$$

$$\Delta h_{TSH} = \Delta h_{suctionlift} + \Delta h_{elevationlift} \quad (29)$$

where: $\Delta h_{suctionlift}$ - the suction lift of the pump, [m]; $\Delta h_{elevationlift}$ - the elevation lift, [m].

4.2. Pump Power.

This pump characteristic is calculated as it follows:

$$P = \frac{Q_p TDH}{270 \eta}, [kW] \quad (30)$$

HydroCalc1

Assumed Emitter Spacing, m: 0.5 Plot Length, m: 400 Lateral Slope, %: 0
 Lateral Spacing, m: 0.6 Plot Width, m: 200 Manifold Slope, %: 0
 Emitter Discharge, l/h: 1.6 Main Line Slope, %: 0

Drip Line Data

	Inside Diameter, mm	Wall Thickness, mm	Outside Diameter, mm	Emitter Discharge, l/h	Nom. Pressure, m	Constant k	Exponent x
Techline CV 16	14.2000	1.2000	16.6000	1.6000	10	1.6000	0
Techline CV 16	14.2000	1.2000	16.6000	2.3000	10	2.3000	0
Techline CV 17	14.6000	1.2000	17	1.6000	10	1.6000	0
Techline CV 17	14.6000	1.2000	17	2.3000	10	2.3000	0
UniTechline AS 16 mm	14.2000	1.2000	16.6000	1.6000	10	1.6000	0

Choice of Water Source Layout and Number of plots: Center Water Source, Number of plots, p=4

Lateral Length, m: 197.75 Number of Emitters: 396 Lateral Discharge, Vs: 0.17601 Lateral Friction & Emitter Head Losses, m: 0.085137

Lateral Inlet Pressure Head, m: 10.0639 Lateral End Pressure Head, m: 9.9787 Head Losses along the Lateral, m: 0.085137 Number of Laterals/plot: 163 Lateral Length/plot: 32233.25 Lateral Length for Whole Area, m: 126933

Manifold Inside Diameter, mm: 50 Manifold Length/plot, m: 49 Manifold Discharge, Vs: 28.6903 Manifold Friction Head Losses, m: 0.57612 Manifold Inlet Pressure Head, m: 10.4959 Manifold End Pressure Head, m: 9.9198

Head Losses along the Manifold, m: 0.57612 Sum Lat. & Manif. Head Losses, m: 0.66125 Allowable Pressure Head Losses, m: 2 Manifold Length for Whole Area, m: 392

Main Line Inside Diameter, m: 90 Main Line Length, m: 49 Main Line Discharge, Vs: 28.6903 Main Line Head Losses, m: 0.093406 System Discharge, cub.m/h: 103.2851 Required System Pressure Head, m: 10.5893

Fig. 6. Hydraulic calculations of drip irrigation system – fifth window of the program

HydroCalc2

System Discharge, cub.m/h: 103.2851

Required System Pressure Head, m: 10.5893

Suction Lift, m: 5

Elevation Lift, m: 2

Total Static Head, m: 7

Head Loss in Control Head, m: 10

Total Dynamic Head, m: 27.5893

Pump Efficiency, %: 0.9

Required Pump Power, kw: 8.7949

Fig. 7. Hydraulic calculations of pump station – sixth window of the program
Pump Power.

where: $Q_p = Q_{syst}$ - the discharge of the system, η - the pump efficiency.

Here, the user can determine the total static head by putting the data for suction and elevation lifts on the sixth window.

One can obtain the total dynamic head by pointing out the head losses in control head and then giving the value of pump efficiency to have the required pump power, [kW].

CONCLUSIONS

An interactive program is developed for the design of small scale subsurface drip irrigation systems - up to 10 ha. It is accomplished in GUI - MATLAB and consists of two parts: crop water requirements and hydraulic calculations of lateral, manifold, main line and pump.

It allows the user in an interactive way to take into account all necessary soil, crop, climatic data and the basic parameters for hydraulic calculations. It offers a convenient way for design of small scale subsurface drip irrigation systems.

REFERENCES

1. EVANS, A., Resource Scarcity, Climate Change and the Risk of Violent Conflict, WORLD DEVELOPMENT REPORT 2011, Center on International Cooperation, New York University September 9, 2010 http://siteresources.worldbank.org/EXTWDR2011/Resources/6406082-1283882418764/WDR_Background_Paper_Evans.pdf
2. A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy Brussels, 26.1.2011. http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/pdf/resource_efficient_europe_en.pdf
3. Future EU water blueprint to focus on savings, <http://www.euractiv.com/specialweek-waterpolicy/future-eu-water-blueprint-focus-savings-news-498859>.
4. Water Scarcity & Droughts – 2012 EU Policy Review. <http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/non-paper.pdf>.
5. NARAYANAN, R. STEELE, D., SCHERER, T. Computer Model to optimize Above-ground Drip Irrigation Systems for Small Areas, *Applied Engineering in Agriculture*, **18** (2002), No. 4, 459-469.
6. PHILIPOVA, N., NITCHEVA, O., KAZANDJIEV, V., CHILIKOVA-LUBOMIROVA, M. A Computer Program for Drip Irrigation System Design for Small Plots, *J. Theor. Appl. Mech.*, **42**(2012), No4, 3-18.
7. RAMSEY, H., Calculating readily available water. Farm Note 198. Dept. of Agriculture and Food. Government of Western Australia, (2007), 1-3.
8. Agrucultural activities and water use and conservation, Soil Infiltration Rate http://qcode.us/codes/sacramento-county/view.php?topic=14-14_10-14_10_110&frames=on
9. CAMP, C., Subsurface Drip Irrigation: A Review, *Trans. ASAE*, **41** (1998), No 5, 1353-1367.
10. LAMM, F., AYARS, J., Nakayama F., *Microirrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management*, Elsevier, 2007.
11. LAMM, F., TROOIJEN, T., Dripline Depth Effect on Corn Production when Crop Establishment is Nonlimiting, *Applied Eng. in Agriculture*, **21** (2005), No 5, 835-840.
12. AHMED, T., Performance Assessment of Surface and Subsurface Drip Irrigation System for Crops and Fruit Trees, Ph.D Thesis
13. National Engineering Handbook, Irrigation Guide, USDA, <http://www.wsi.nrcs.usda.gov/products/W2Q/downloads/Irrigation/National%20Irrigation%20Guide.pdf>
14. SEPULVEDA, E., ZAZUETA, F., Wetted Bulb Dimensions from a Trickle Source, University of Florida, IFAS Extension, ABE 351, 1-2.
15. Irrigation Water Management: Irrigation needs, FAO paper: <http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm>
16. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements, FAO paper, http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0b.htm#tabulated_kc_values
17. AZENKOT, A. Irrigation System Design, Israel, CINADCO Course Lecture notes, 1998.
18. KELLER J., D. KARMELI. Trickle Irrigation Design Parameters, *Transactions of the ASAE*, **17** (1974), No. 4, 678-684.

Асист. д-р инж. Мария Иванова, Проф. д-р инж. Зорница Попова

ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТА И ПОЧВАТА ВЪРХУ ДОБИВИТЕ ОТ НЕПОЛИВНА ЦАРЕВИЦА И НАПОИТЕЛНИТЕ НОРМИ В СОФИЙСКО ПОЛЕ

IMPACT OF CLIMATE UNCERTAINTIES AND SOIL CHARACTERISTICS ON RAINFED MAIZE YIELD AND IRRIGATION REQUIREMENTS IN SOFIA FIELD

Asst. PhD Eng. Maria Ivanova, Prof. DSc Eng. Zornitsa Popova

Summary: This study assesses the impact of climate uncertainties and soil characteristics on rainfed maize yield and net irrigation requirements (NIRs) in one of the coolest and wettest agricultural regions in this country, Sofia field, using validated WINISAREG model and standardised precipitation index SPI for the period **1952-2004**.

Considering an economical relative yield decrease RYD threshold of 48% of the potential maize productivity in Sofia field, it is found that **21 %** of the years are risky when soil TAW is large (180 mm m^{-1}). When TAW is medium ($136\text{-}157 \text{ mm m}^{-1}$) the risky years are double while if it is small (116 mm m^{-1}) they reach **50 %**.

Specific relationships between the simulation results of water stress impact on rainfed maize RYD and the standardised precipitation SPI_{2^{July-Aug}} index shows that rainfed maize is less affected by drought when it is grown on soils of large water holding capacity. In that case, Sofia field, economical losses are produced in “mild drought” high peak seasons, when SPI_{2^{July-Aug}} is less than -0.90. On soils of medium and small TAW economical risk happens if SPI_{2^{July-Aug}} is less than -0.25 and 0.00 respectively, i.e. in “normal” high peak seasons. Corresponding NIRs thresholds to cope with drought consequences, namely 192 and 174 mm for soils of small and large TAW, are identified.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

2.1. Кратка характеристика на климата и вегетационния период на царевицата.

Софийското поле ($42^{\circ}15'$ г. ш., $25^{\circ}45'$ г. д. и 555 m надморска височина за ОП Божурище) принадлежи към зоната на умерено-континентален климат в Европа. Този район е един от най-влажните и хладни земеделски райони на страната, поради което вегетационният сезон при царевицата е по-дълъг от средния за страната. Температурната сума за периода май-сеп-

тември (186 дни) със средна денонощна температура над 10°C е 3100°C .

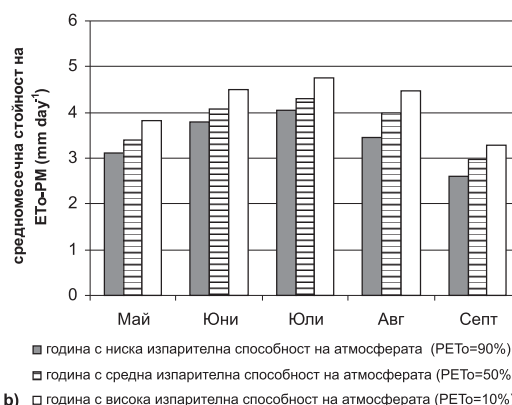
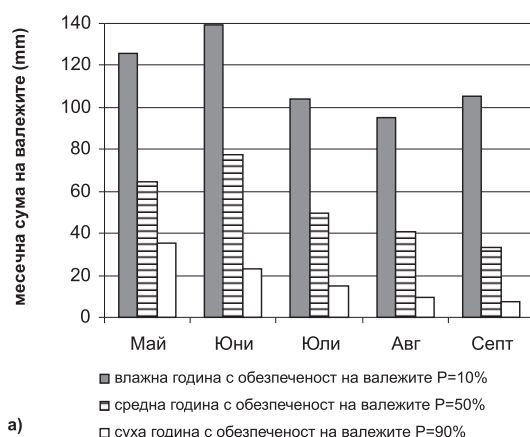
Средната годишна сума на валежите е 636 mm. Опитните участъци и метеорологичните станции край с. Челопечене, с. Горни Лозен, с. Божурище и НИМХ-София, които са предмет на настоящето изследване са разположени на около 30 km в района на София. От данните в **Таблица 1** се вижда, че стойностите на месечните валежите, изчислени за периода 1931 – 1984 г. за три МТО станциите в Софийско поле са близки.

Таблица 1. Средномногогодишни стойности на месечните суми на валежите в София - НИМХ, с. Горни Лозен и с. Божурище за периода 1931-1984 [11]

	ян.	фев.	март	апр.	май	юни	юли	авг.	септ.	окт.	ноем.	дек.
София-НИМХ	29	30	36	51	83	84	63	44	44	40	47	38
Г. Лозен	30	26	35	50	70	87	67	39	42	44	45	39
Божурище	37	31	31	50	74	83	53	43	43	50	51	44

На **Фиг. 1а** са илюстрирани месечните суми на валежите R (mm) за средна (с обезпеченост на валежите $P=50\%$), влажна ($P=10\%$), и суха

($P=90\%$) година. Вижда се, че валежите са високи през пролетта и намаляват през лятото, като се характеризират с голяма вариация.



Фиг.1. Месечни суми на валежите R (mm) за средна (с обезпеченост на валежите $P=50\%$), влажна ($P=10\%$) и суха ($P=90\%$) година (а) и еталонна евапотранспирация (ET_0-PM) ($mm\ day^{-1}$) за година със средна ($P_{ET_0}=50\%$), висока ($P_{ET_0}=10\%$), и ниска изпаряемост на атмосферата ($P_{ET_0}=90\%$) (б), май-септември, 1952-2004 г.

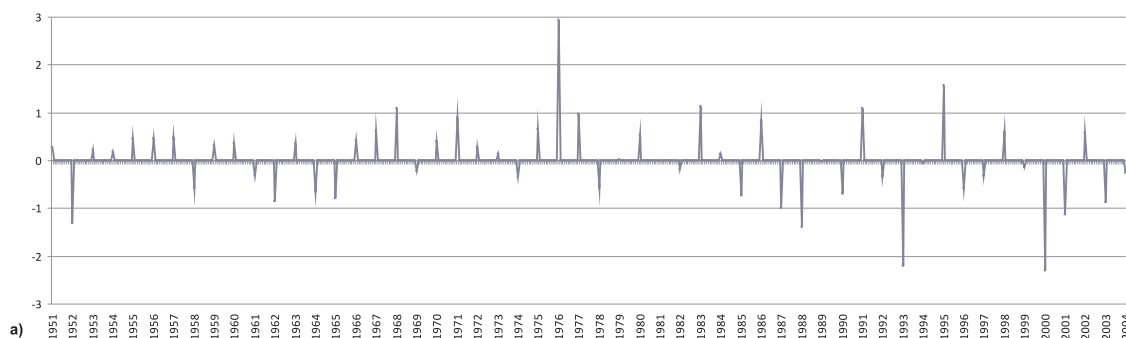
За условията на Софийско поле еталонната евапотранспирация (ET_0-PM) е определена с уравнението на Penman-Monteith [17] чрез предложената методология за изчисляване на ET_0 от максималната и минималната температури на въздуха. Методологията е валидирана като стандартната грешка на прогнозата (SEE) е в граници $0.44-0.54\ mm\ day^{-1}$ за Софийското поле и $0.52 < SEE < 0.58\ mm\ day^{-1}$ за Горнотракийската низина [6, 11, 24]. Еталонната евапотранспирация в Софийско (**Фиг.1б**) достига своя максимум ($4.7\ mm\ day^{-1}$) през месец юли, в годините с обезпеченост $P_{ET_0}=10\%$.

За разлика от валежите, вариацията на ET_0 се колебае в значително по-тесни граници през годините, като разликата между ET_0 в годините с висока и средна изпарителна способност на

атмосферата ($P_{ET_0}=10\%$; $P_{ET_0}=50\%$) е в граници от 0.3 до $0.5\ mm\ day^{-1}$ (**Фиг. 1б**).

За дефиниране на категории на агрономическа суша при царевичата в Софийско поле е използвана версия на т.н. сезонен стандартизиран валежен индекс $SPI2_{\text{юли-август}}$ [12, 25], който е изчислен със стъпка от 2 месеца като средна стойност на индекса за периодите на най-висока чувствителност на царевичата към воден стрес „юли-август“ (**Фиг. 2**).

На **Фиг. 2** се вижда, че в Софийско поле най-сухият поливен сезон за последните 54 години се е случил през 1993 и 2000 г. Промените на климата в района се изразяват в цикличност, т.е. редуване на много сухи и много влажни сезони и нарастване на амплитудата между тях през последните 35 г.



Фиг.2. Дългосрочни колебания на сезонния индекс на засушаване за юли и август SPI₂ за района на Софийско поле, 1951-2004 г.

2.2. Водно-физични и други характеристики на почвата в Софийско поле.

Независимо, че климатичните условия в разглежданите опитни участъци в района на София са много близки, механичният състав и пропускливостта на почвения профил се различават съществено. Почвата е слабопропусклива смолница (Vertisol) с леко глинест механичен състав в опитното поле (ОП) Божурище, средно пропусклива лесивирата канелена горска почва (Chromic Luvisol), среднопесъкливо-глинеата в А-хоризонт до тежко песъкливо-глинеата в Вt-хоризонт в ОП Челопечене и делувиално-ливадна почва (Alluvial/deluvial meadow) в опитен участък край с. Горни Лозен, средно песъкливо-глинеата в горния 50-60 cm слой и към тежко песъкливо-глинеата до леко глинест в долната част на профила [4,8,10,11].

На базата на детайлните данни за механичния състав, пределната полска влагоемност (ППВ), влажността на завяхване (ВЗ) и обемната плътност от редица почвени профили е определен достъпният (използваем) воден запас TAW (mm m^{-1}) на почвения профил в 1m слой. Водозадържащата способност на почвата TAW (mm m^{-1}) е висока (180 mm m^{-1}) в ОП Божурище, ниска (106 mm m^{-1}) в ОП Челопечене и средна (138 mm m^{-1}) за опитния участък край с. Горни Лозен [10, 11]. Тази разлика се дължи основно на различията в механичния състав. Такова групиране се основава освен на използвания воден запас и на още

редица характеристики на почвата като: хумусен запас, влажност на завяхване и минералогичен състав на почвените глинени [2].

Настоящото изследване е осъществено за три групи почви в Софийско поле, а именно с нисък ($\text{TAW}=106\text{-}116 \text{ mm m}^{-1}$), среден ($\text{TAW}=136 \text{ mm m}^{-1}$) и висок ($\text{TAW}=180 \text{ mm m}^{-1}$) използваем воден запас [12].

2.3. Данни за растението

Царевицата е типична поливна пролетна култура за България и в частност за Софийското поле. Детайлни данни за тази култура са получени при дългосрочни полски експерименти с различни варианти на поливен режим, проведени в опитните полета на Института по почвознание „Н. Пушкиров“ и Института по мелиорации и механизация в Софийско поле [3, 5, 9, 15]. Коефициентите на културата K_c и фактора на изчерпване p от влагозапаса без предизвикване на воден стрес [17] за царевица са калибрани и валидирани при наши предишни изследвания, като са използвани данни от експерименти със средно ранен хибрид (Кнежа 509) при варианти на поливен и неполивен режим в ОП Божурище, Софийско [7, 13]. Независими дългосрочни данни за максималния добив ($Y_{\max}$) и добива при неполивни условия (Y_a) от царевица средно ранен хибрид (Кнежа 509) [3, 5] са използвани за допълнително калибриране на фактора на добива (K_y) при неполивна царевица [13]. В резултат е установено, че фактор $K_y=1.6$ отразява с достатъчна точност чувствителността на неполивната

царевица към воден стрес в Софийското поле. Симулираните стойности за относително намаление на добивите $RYD = 1 - Y_a/Y_{max}$ са приведени към реални добиви ($Y_a = 8580, \text{ kg ha}^{-1}$), като са използвани данни за потенциалния добив Y_{max} при ранни хибриди царевица (SK-4, SK-4BA, Px-20 и P 37-37), получени при полските експерименти в района на София през периода 1973-1998 [16]. Дълбочината на коренообитаемата зона е приета за 1.10 m за изследвания климатичен район.

2.4. Симулационен модел

Моделът WINISAREG [23] е средство за симулиране на поливните режими и за изчисление на баланса на водата в почвата, както и за оценка на съответните им въздействия върху добива от земеделските култури. Моделът приема подхода на водния баланс на Doorenbos & Pruitt (1977) [20] и обновената методология за изчисляване на евапотранспирацията и нуждите от напояване на растенията, предложена от ФАО [17]. Въздействието на водния стрес върху добивите е оценено чрез еднофазовия модел на Stewart, когато факторът на добива Ку

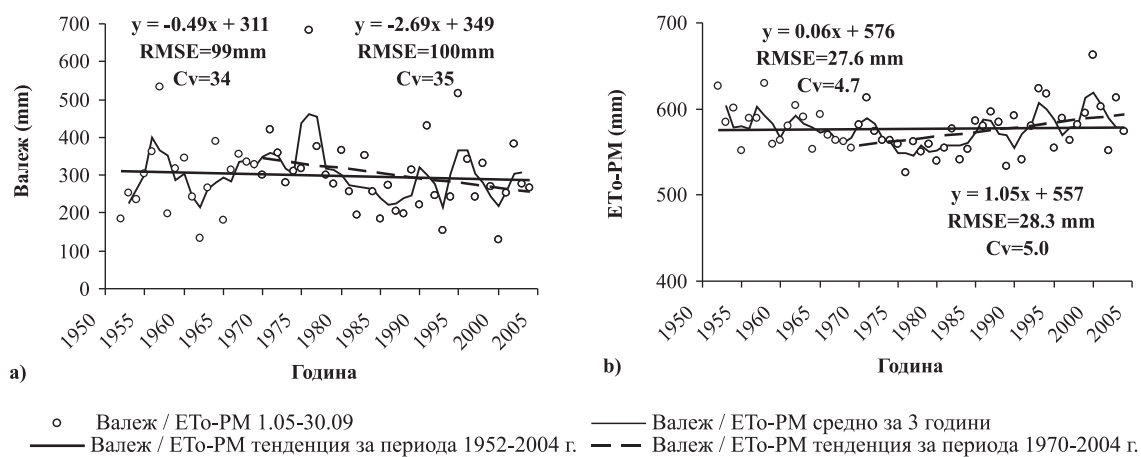
е предварително известен [19]. Симулирани са вариантите за определяне на: нетните нужди от напояване NIRs и водния баланс и добива без напояване от царевица. Данните за почва са представителни за най-често срещаните почвени различия в Софийско поле групирани по отношение на водозадържащата способност (TAW) [2], а данните за царевицата (най-вече фактора на добива Ку при неполивни условия) са предварително подложени на допълнителна валидация при използване на независими данни от регионални дългосрочни експерименти с ранни хибриди царевица, проведени в ОП "Челопечене" [13].

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИИ

3.1 Тенденции на промяна на климата през вегетационния период на царевицата в Софийско

Установени са тенденции на изменението на сезонните валежи (фиг. 3а) и еталонната евапотранспирация ЕТо-РМ (фиг. 3б) за "май-септември" през периодите 1952-2004г. и 1970-2004г.

На фиг. 3а се вижда, че вегетационните валежи се колебаят съществено



Фиг. 3. Колебания и тенденции: (а) на вегетационните валежи (1/05-30/09) и

б) на сумарната евапотранспирация ЕТо-РМ през периода „май-септември“, 1952-2004 г.

през годините, като през последните 35 г. (1970-2004 г.) величината на тенденцията е нарастнала петкратно от -0,49 на -2,69 mm yr⁻¹. Това означава, че валежите през месеците „май-септември“ са намалели с 94 mm за условията на съвременния климат.

При еталонната евапотранспирация ЕТо-РМ „май-септември“ се наблюдава тенденция към нарастване. На фиг. 3б се вижда, че изпарителната способност на атмосферата се е увеличила с 35 mm за периода 1970-2004 г.

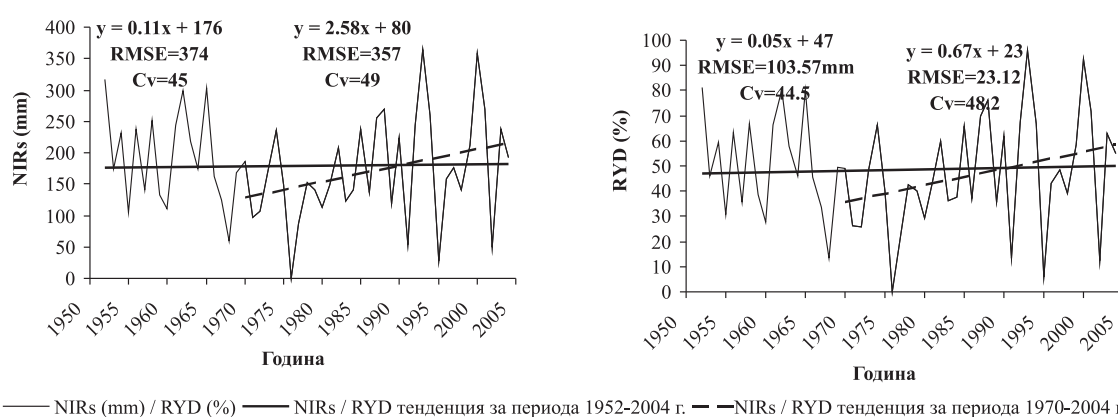
3.2. Влияние на промените на климата върху агроecosистемата на царевицата

В резултат на сезонните колебания на климата през отделните климатични години нуждите от напояване на царевицата също са се променили.

Отчитайки тенденцията за напоителните норми NIRs, за района на София (фиг. 4а) не е установено значително увеличение на нуждите от напояване за целия изследван период. За условията на съвременния климат (1970-2004 г.) обаче, амплитудата на NIRs се е увеличила и тенденцията показва, че напоителните норми са

нарастнали значително с 90 mm за този период (фиг. 4а).

Противоположно на нарастналите напоителни норми, производството на зърно от неполивна царевица (ранен хибрид Кнежа 509) е намаляло. Относителните загуби на добив без напояване, RYD (%), са се увеличили десетократно от 0.05 през периода 1952-2004 г. на 0.67 % yr^{-1} за периода, характеризиращ съвременния климат (1970-2004г) (Фиг.4б). С увеличаване на относителното намаление на добивите RYD, абсолютните добиви от неполивна царевица намаляват средно с 7 kg da^{-1} годишно.



Фиг.4. Колебания и тенденция на: а) нетната напоителна норма NIRs, mm и б) относителното намаление на добивите RYD, %, от неполивна царевица (средно раннен хибрида), 1952-2004г, почви с нисък използваем воден запас (116 mm m^{-1}).

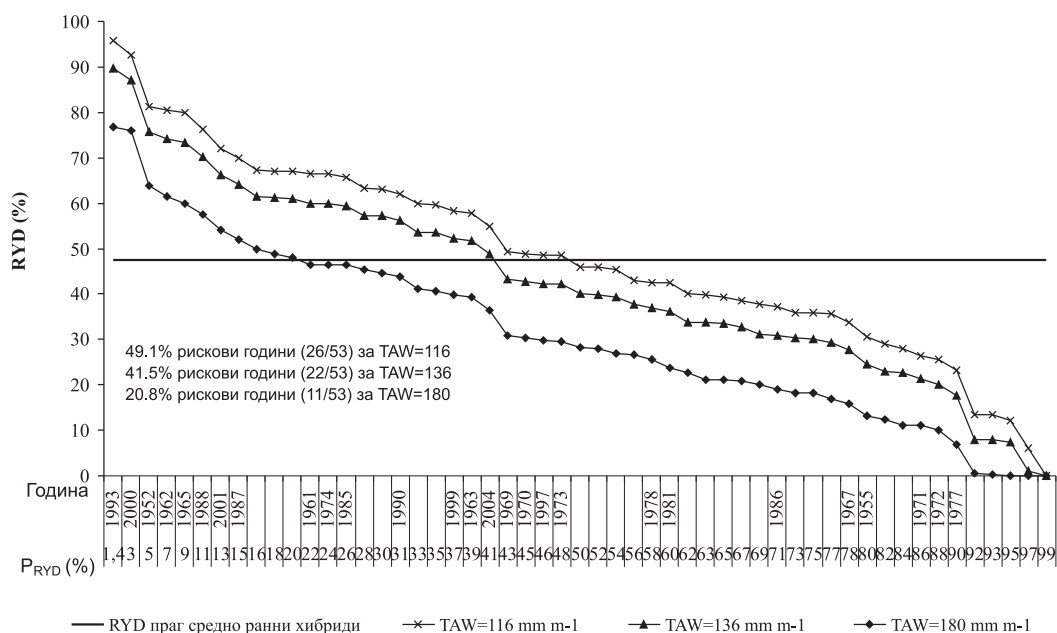
3.3. Оценка на риска при неполивна царевица в зависимост от характеристиките на почвите.

Резултатите на фиг. 5 илюстрират получените криви на обезпеченост за относителните загуби на добив RYD за климатичните условия на Софийско поле. Установени са рисковите години при производствени условия за почвите с нисък, среден и висок използваем воден запас, като е използвана икономическата прагова стойност RYD=48 % за Софийско поле (Фиг. 5). Тя е определена при цена на зърното 200 lv t^{-1} , производствени разходи от 80 lv da^{-1} [3] и за средно многогодишния потенциален добив $Y_{max} = 8460$ kg ha^{-1} в Софийско [16].

Установено е, че ако използваемият воден запас на почвата е нисък (116 mm m^{-1}) производството на неполивна царевица в районите на Софийско

поле е свързано с икономически загуби през 1/2 (49%) от годините (Фиг. 5). Производството е губещо през 22 от изследваните 53 години (42%), когато почвата има средна водозадържаща способност (TAW=136 mm m^{-1}). Ако използваемият воден запас на почвата е висок (TAW=180 mm m^{-1}), икономическият риск е налице през 1/5 от годините.

Производството на царевица без напояване в Софийско поле е свързано с висока вариационност на добивите от зърно. Коефициентът на вариация на добивите Cv се изменя в граници от 29 до 43% при характерните за района средно ранни хибриди царевица. Пониската стойност Cv = 29% се отнася за групата почви с висок използваем воден запас, докато коефициентът Cv = 42% е типичен за почвите с нисък запас.



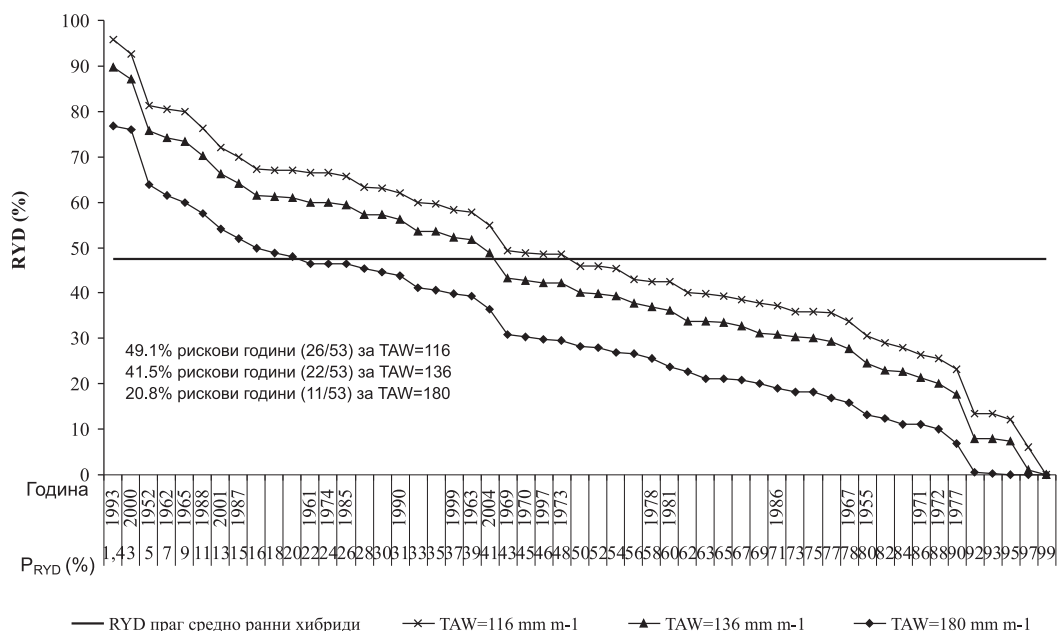
Фиг. 5. Криви на обезпеченост на относителното намаление на добива RYD (%) при неполивна царевица за групи почви с нисък, среден и висок използваем воден запас (TAW) (116, 136, 180 mm m⁻¹), средно ран хибрид, 1952-2004 г.

3.4. Напоителни норми при променящите се климатични условия на Софийското поле

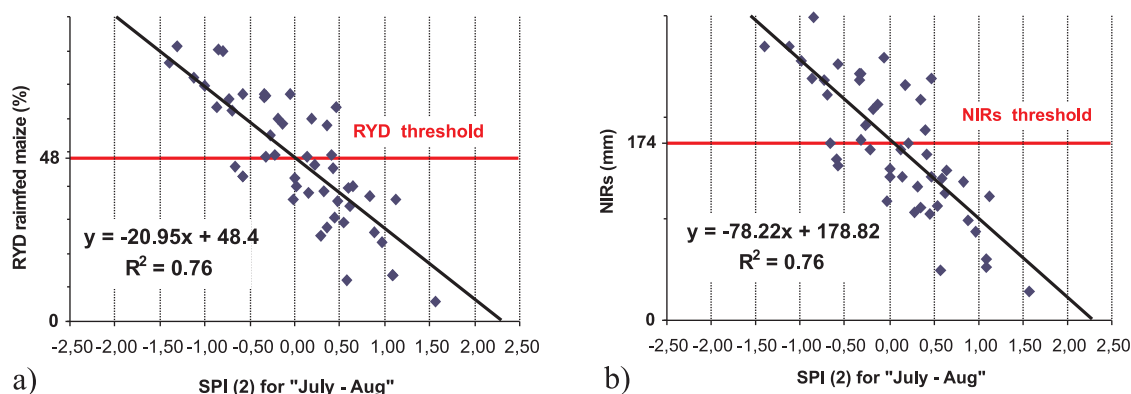
3.5. Категории на уязвимост към суша

За оценка на уязвимостта на земеде-

лието към суша са използвани резултатите за намаление на добивите при неполивна царевица RYD и нетна напоителна норма NIRs, изчислени чрез модела WINISAREG за разглеж-



Фиг. 6. Криви на обезпеченост на нетните напоителни норми (NIRs) за групи почви с нисък, среден и висок използваем воден запас (TAW), 1952-2004 г.



Фиг.7. Корелационни зависимости между индекса на сезонно засушаване SPI₂ „юли-август“ (по оста X) и а) относителните загуби на добив без напояване RYD, %, или б) напоителната норма NIRs, mm, (по оста Y), TAW=116 mm m⁻¹

даните групи почви и степента на засушаване, изразена чрез сезонния стандартизиран валежен индекс SPI, изчислен със стъпка 2, 3 и 6 месеца и осреднен за периодите на чувствителност на царевичата към засушаване: май-август, юни-август и юли-август, от които зависи формирането на добива. Установено е, че корелационните зависимости между показателите RYD и NIRs и сезонния SPI са с най-висока степен на достоверност ($73 < R^2 < 76$ %), когато се използва осредненият SPI(2) за месеците „юли-август“, които съвпадат с традиционния поливен сезон у нас (Фиг. 7).

Дефинирани са специфични прагови стойности на сезонния SPI₂ „юли-август“, при които дефицитът на вода в разглежданите групи почви води до съществени икономически загуби на добив при неполивното земеделие. Икономическият праг за SPI₂ „юли-август“ е -0.90 при влагоемките смолници, -0.25 при почвите с TAW=136 mm и 0.00 за почвите с нисък TAW. Това означава, че в Софийска поле икономическият риск от неполивно земеделие е налице само през сухите години когато TAW=180 mm m⁻¹, докато той настъпва още през “нормалните“ сезони на почвите с нисък използваем воден запас (TAW=116 mm m⁻¹).

Установен е и специфичния праг на напоителната норма през рисковите години NIRs 174 и 190 mm (съответно

за TAW 116 и 180 mm m⁻¹), при подаването на която се възвръщат вложените производствени разходи.

Заклучение

Анализите за изменение на климата в Софийско поле за периода 1952-2004 г. и съответните въздействия върху царевичата, отглеждана на 3 групи почви водят до следните изводи:

1. Установена е трайна тенденция към засушаване през вегетационния период май-септември. През последните 35 г, в сравнение с целия изследван период, величината на тази тенденция е нарастнала петкратно. В резултат вегетационните валежи са намалели средно с 94 mm. Обратно на валежите, при изпарителната способност на атмосферата се наблюдава тенденция към увеличение, като еталонната евапотранспирация ETo-PM „май-септември“ е нараснала средно с 35 mm.

2. Построени са криви на обезпеченост на относителните загуби на добив при неполивна царевича (RYD) и напоителната норма (NIRs), необходима за преодоляване на тези загуби. Определен е икономически праг на добива, осигуряващ възвръщаемостта на вложените средства. На тази основа, за всеки почвен тип, е установен риска и уязвимостта към воден дефицит при неполивната царевича. Резултатите показват, че броят на рисковите години и уязви-

мостта към засушаване намалява два и половина пъти, когато почвите имат висок водозадържащ капацитет TAW.

3. Добивите от царевица, отглеждана без напояване, варират значително през годините като C_v е в граници от 29 % при почвите с висок TAW (180 mm m^{-1}) до 42 % при почвите с нисък водозадържащ капацитет.

4. При почвите с TAW = 180 mm m^{-1} , каквито са смолниците, необходимите напоителни норми NIRs за справяне с водния дефицит се изменят от 0-7 mm през влажните сезони до 310 mm през сухите. На по-леките по механичен състав почви с TAW = 116 mm m^{-1} (алувиални, делувиални, лувисоли), NIRs са с 60 mm по-високи.

5. За всяка почвена група е дефиниран специфичен индикатор на воден стрес за периода с най-голям дефицит на вода при царевицата юли–август, SPI2 юли–август, и прагова стойност, при която намаляването на добива води до икономически загуби.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите благодарят за финансовата подкрепа на Проекта DMCSEE, Drought Management Center for South East Europe, от програмата за трансгранично сътрудничество за Югоизточна Европа на ЕС при реализирането и разпространяването на резултатите от настоящото научно изследване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, В. (ред.) 2011. Методи за мониторинг, оценка и въздействие на сушата в България. София, с.216
2. Бонева, К. 2012. Изследване на основните характеристики на почвата с оглед приложението им при калибровката и използването на симулационни математически модели. В Попова З. (Ред) Оценка на риска от засушаване в земеделието и управление на напояването чрез симулационни модели. 141-165 стр. ISBN 978-954-394-080-6
3. Върлев, И. 2008. Потенциал, ефективност и риск при отглеждане на

царевицата в България. Рекламно-издателска къща „Пони“, София, стр. 128

4. Донева, Е. 1976. Характер и влияние на хидрофизичните свойства на почвата върху влагообмена в ненаситена почва. Дисертация за степен ктн, ВИСИ. София.

5. Живков, Ж. 1990. Евапотранспирация и разход на вода за напояване при уплътнено използване на поливните площи. Дисертация за степен ксн, ИХММ. София.

6. Иванова М. Попова З. (2010) Валидация на методологията на ФАО 56 за изчисляване на еталонната евапотранспирация ETo – РМ при ограничени метеорологични данни в Софийско поле. Доклад на Трета национална конференция “Възможности за ограничаване на пораженията от засушаване при земеделските култури” и Семинар “Център за управление на сушата в Югоизточна Европа”, София-Национален Дом на Науката и Техниката.

7. Иванова М., Попова З., 2012, Валидация на модел и коефициенти на културата при царевица. В Попова З. (Ред) Оценка на риска от засушаване в земеделието и управление на напояването чрез симулационни модели. 29-39 стр. ISBN 978-954-394-080-6

8. Механджиева, А. 1974. Поливен режим на люцерна за района на Софийската напоителна система. Дисертация за степен “кандидат на селскостопанските науки”, ИХММ. София.

9. Младенова, Б. и И. Върлев. 1997. Чувствителност на царевицата към дефицита на вода през отделните фази на развитие в района на Софийско. Научна конференция „50 години Институт по почвознание „Н. Пушкиров“, София.

10. Попова, З., 1990, Ефективност на напояването по бразди. 1990, Дисертация за даване на научната степен “кандидат на техническите науки”, УАСГ, София, 157 стр.

11. Попова, З. 2008. Оптимизиране на поливния режим, добивите и влиянието им върху околната среда чрез симулационни модели. Дисерта-

сионен труд за даване на научната степен ДСН (автореферат), ИП "Н. Пушкиров", София, стр.326

12. Попова З. (Ред) (2012) Оценка на риска от засушаване в земеделието и управляване на напояването чрез симулационни модели. Издател ИПАЗР Н.Пушкиров, 244 стр. ISBN 978-954-394-080-6

13. Попова З., Иванова М., 2012, Валидация на фактора на добива Ку (ФАО 56) при неполивна царевица. В Попова З. (Ред) Оценка на риска от засушаване в земеделието и управляване на напояването чрез симулационни модели. 8-14 стр. ISBN 978-954-394-080-6

14. Попова З., М. Иванова, Д. Мартинс, Л. С. Перейра, М. Керчева, В. Александров, К. Донева, 2013, Засушаване и климатични промени в България: тенденции и въздействия върху агросистемата на царевицата, Селскостопанска наука, 46 (?1), 19-30

15. Рафаилов, Р. (1995) и (1998). Годишни отчети на ИП „Н. Пушкиров“, София.

16. Стоянов, П. 2008. Агроекологичен потенциал на царевицата, отглеждана върху типични за нейното производство почви в условията на България. Хабилизационен труд за получаване на научна степен „професор“.

17. Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.

18. Byczkovski, Meyer, 2001. Hydrological drought; objective criteria of its evaluation. Transactions of 19th European Regional Conference of ICID. Burno-Prague.

19. Doorenbos, J., A.H. Kassam, 1979. Yield Response to Water. Irrigation & Drainage Paper 33, FAO, Rome, 193 p.

20. Doorenbos, J., W.O. Pruitt, 1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage paper 24, FAO, Rome, 144 p.

21. Gregorič G., 2012, Implementation of drought monitoring in DMCSEE, Final Publication on Drought Management Centre for South-East Europe – (DMCSEE) Project, Slovenian environmental agency pp. 11-16.

22. McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, pp.179-184.

23. Pereira L. S., P. R. Teodoro, P. N. Rodrigues, and J. L. Teixeira, 2003. "Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG", in Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions,

G. Rossi, A. Cancelliere, L. S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (Eds.). Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180.

24. Popova Z., Kercheva, M., Pereira, L. S., 2006 . Validation of the FAO methodology for computing ETo with limited data. Application to south Bulgaria. Irrigation and Drainage. 55 (1): 201-215. Wiley Inter Science Publisher. ISSN: 1531-0353

25. Popova Z., M. Ivanova, D. Martins, L.S. Pereira, K. Doneva, V. Alexandrov, M. Kercheva, 2013, Drought and climate variability impacts on Bulgarian agriculture: the case of rain-fed maize, In N. Lamaddalena, M. Todorovic, L.S. Pereira (Eds.) Proceedings of 1st CIGR Inter - Regional Conference on Land and Water Challenges, Water, environment and agriculture: challenges for sustainable development, FULL PAPERS (USB) and Book of abstracts: 191-193p, Bari - Italy

26. Szalai S., 2012, Definitions of drought, Final Publication on Drought Management Centre for South-East Europe – (DMCSEE) Project, Szent Istvan University, pp. 7-9

гл. ас. д-р инж. Силвия Кирилова¹-УАСГ
инж. Денислава Георгиева²

e-mail¹: silvia79kirilova@abv.bg
e-mail²: georgievadenislava@gmail.com

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГИС ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРИЛЕЖАЩИТЕ ЗЕМИ И ЗАЛИВАЕМИТЕ ИВИЦИ НА Р. ЛЕСНОВСКА

APPLICATION OF GIS IN DETERMINING THE ADJACENT LANDS FLOODPLAINS LESNOVSKA RIVER

Asst. PhD Eng. Silvia Kirilova, Eng. Denislava Georgieva

Summary: Defining the adjacent land plots and floatable areas of Lesnovska river will facilitate the assessment of risk of flooding and the correct planning of preemptive activities to mitigate the possibility of future floods.

The project is presented in a structural, step-by-step scheme, that defines the successive steps to define the adjacent land plots and floodable areas, approved as a method by the Ministry of Environment and Water Resources.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Определянето на принадлежащите земи и заливаемите ивици на р. Лесновска е свързано с извършването на редица дейности, които могат да се обобщят в изготвянето и разработването на отделни изследвания и разработки в следните сектори: ГИС, Геодезия, Хидрология, Хидравлика, Хидротехнически съоръжения и т.н.

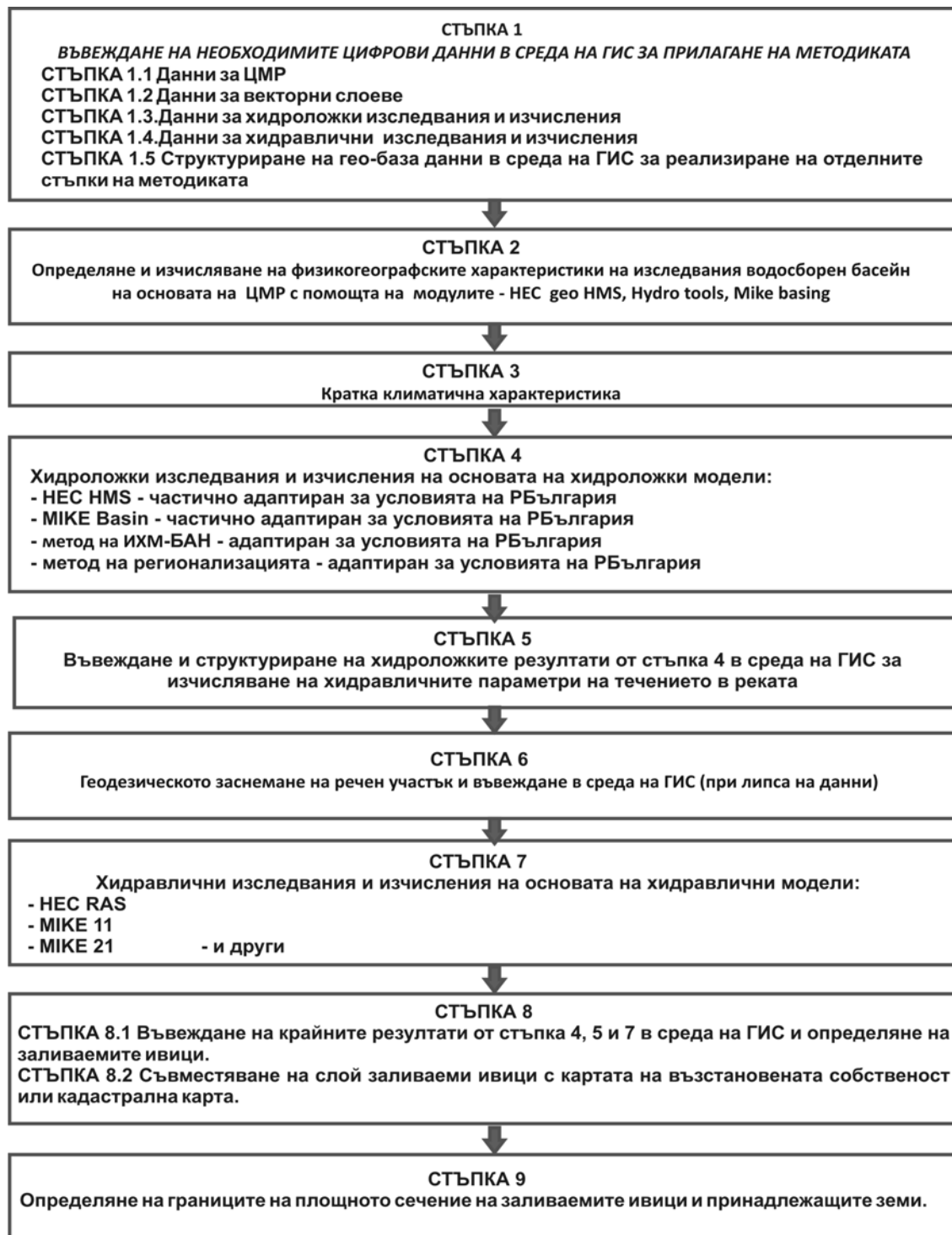
За създаване на единна географска информационна система за определянето на принадлежащите земи и заливаемите ивици, от основно значение е разработването на цифров модел на релефа. Цифровият модел на релефа е генериран чрез векторизиране на хоризонталите и геодезично заснемане на терена при спазване на утвърдената от МОСВ методика, като точността на параметрите на ЦМР е съобразена с точността за анализ и оценката на хидрологичните и хидравличните характеристики на оттока. Генерирани са необходимите векторни слоеве за анализ и оценка на хидроложките характеристики на основата на генерираният ЦМР и с помощта на един от модулите НЕС – гео HMS и Hydro tools в среда на ГИС са определени и изчислени на

физикогеографските характеристики на изследвания водосборен басейн. Направена е и кратка климатична характеристика, описваща характера и климатичния район на изследвания водосбор, даващи основа за характера на формиране на оттока в реките. Изчислени са нормативно зададените водни количества с характерна обезпеченост по известните методи в хидрологията и с калибрираните за условията на нашата страна хидроложки модели. С помощта на НЕС geoRAS в среда на ГИС са генерирани и напречни сечения в разглеждания участък от р. Лесновска и са извършени необходимите изчисления на водните нива, след което получените резултати са представени чрез модула НЕС geoRAS в среда на ГИС. Резултатите от хидроложките и хидравличните изчисления са въведени в среда на ГИС на основата, на които са генерирани линейни векторни слоеве на водните нива, получени при различно нормативно зададени водни количества. Генерирани са отделни векторни слоеве, за всяко водно количество.

В настоящата статия получените резултати са представени под формата на тематични карти и таблици.

II. СТРУКТУРНО - СЪПЧКОВА СХЕМА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРИНАДЛЕЖАЩИТЕ ЗЕМИ И ЗАЛИВАЕМИТЕ ИВИЦИ НА Р. ЛЕСНОВСКА

Чрез структурно - съпчкова схема, изложена по-долу, е описана последователността от съпчки при определяне на прилежащите земи и заливаемите ивици на р. Лесновска.



Фиг. 1. Структура на методика за определяне на принадлежащите земи и заливаемите ивици на реките в България

II.1. Стъпка 1. Въвеждане на необходимите цифрови данни в среда на ГИС за р. Лесновска.

Стъпка 1.1 Данни за цифров модел на релефа (ЦМР)

Цифровият модел на релефа е генериран чрез векторизиране на хоризонталите и геодезично заснемане на терена при спазване на утвърдената от МОСВ методика;

Точността на параметрите на ЦМР е съобразена с точността за анализ и оценка на хидрологичните и хидравличните характеристики на оттока.

- Необходимата точност за изчисляване на основните хидрологични параметри на оттока е постигната с топографски карти с М 1:25000 и с матрица на ЦМР с размери на клетката 10x10 m.
- Точността на хидравличните изчисления се постига чрез геодезично заснемане на терена, привързан към картна основа с М 1:5 000 и с матрица на ЦМР с размер на клетката от 1,0 m до 0,5 m.

Стъпка 1.2. Данни за векторни слоеве

Информацията за създаване на векторните слоеве се основава на създадения ЦМР, като за оценка на хидроложки характеристики и използвани методи за оценка на оттока, подходящ и сравнително точен в случая е ЦМР с размери на клетката 10/10 m и 5/5 m, а необходими елементи се основават на картен материал с мащаб 1: 25 000 и 1:5 000.

Необходимите векторни слоеве за анализ и оценка на хидроложките характеристики са представени на **фиг. 6** (трета страница корица) и са следните:

- слой речна система (линеен векторен слой);
- слой хидрометрични станции (точков векторен слой);
- слой метеорологични станции (точков векторен слой);
- слой хидротехнически съоръжения (полигонов векторен слой);

- слой хидромелиоративни съоръжения (полигонов векторен слой);
- слой ВиК съоръжения (линеен векторен слой);
- слой пътна инфраструктура (линеен векторен слой);
- слой електропреносна мрежа (линеен векторен слой);
- слой урбанизирани територии (полигонов векторен слой);
- слой земно покритие – растителност прилежаща на речното корито (полигонов векторен слой);
- слой почви (полигонов векторен слой).

II.2. Стъпка 2. Определяне и изчисляване на физикогеографските характеристики на изследвания водосборен басейн на основата на съществуващ ЦМР с помощта на един от модулите НЕС – geo HMS и Hydro tools в среда на ГИС

НЕС – GeoHMS е графичен хидроложки модел, работещ в среда на GIS, който е разработен от корпуса на военните инженери на САЩ. С помощта на този модел се очертават и определят всички необходими орохидрографски параметри за всеки под – водосборен басейн (прорязване на речната мрежа, наклони и дължини на реките, наклони на водосборните басейни, надморска височина и площ за всеки водосбор) от водосборния басейн на река Лесновска.

Работа на алгоритъма, реализиращ модела, е и верификация на входните данни за ЦМР и генериране на растерен слой на ЦМР. След генериране на растерния слой на ЦМР се извършва същинската обработка на данните в последователни стъпки - генериране на градиента на оттока (Flow Direction), акумулиране на оттока (Flow Accumulation), наклони на реката (Stream Definition), водосборни области (Watershed Delineation), граници на водосбора (Watershed Polygon Processing), речна мрежа (Stream Segment Processing), окрупняване на водосбор-

ни басейни Watershed Aggregation. За постигането на добри резултати е важно последователно да се стартират отделните стъпки в меню „Terrain Pre-processing” от модела HEC-geoHMS.

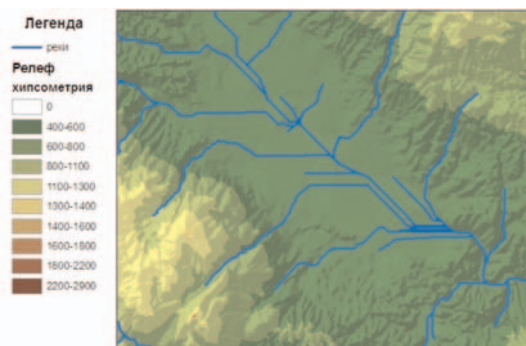
Извършена е верификация (проверка) на входните данни, като са спазени следните стъпки:

- **Стъпка 2.1.** → Една от най-важните стъпки в модела е възстановяването на терена (Terrain reconditioning), където се създава нов растерен ЦМР с конкретно насочване на речната мрежа за избягване на нежелани странични ефекти като въображаеми острови близо до реката и др.
- **Стъпка 2.2.** → Създава се проект, в който се генерират резултатите от обработката на входните данни, както и данни за хидроложките параметри.
- **Стъпка 2.3.** → На базата на AgreeDEM се генерира HydroDEM, при който с помощта на функцията (Fill Sinks), се отстранява неправилното структуриране на растерните клетки на ЦМР.
- **Стъпка 2.4.** → Генериране на направление на потока (Flow Direction) на базата на HydroDEM. Тази функция (Flow Direction) изчислява направлението на посоката на речния поток върху мрежата от клетки. Така използвания метод изгражда пътя на

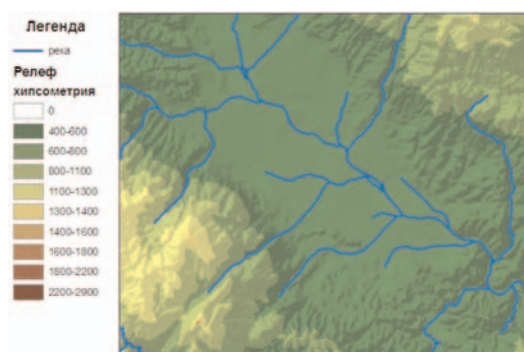
речния поток и наклона на релефа, като следва стойностите на клетките от висока към най-ниска стойност.

- **Стъпка 2.5.** → На базата на създадения Grid за посока на потока се генерира Grid за натрупването на вода в речното легло (Flow Accumulation). Стойността на натрупалия се поток се определя като сума от стойността на предхождащите клетки по течението на реката
- **Стъпка 2.6.** → Определяне на речното легло (Stream Definition) на базата на Flow Accumulation. При тази стъпка на базата на площта на водосборния басейн 460 km² са генерирани 35 сегмента от речната мрежа (под сегмент се разбира част от речно легло между два възела от речната мрежа, като на всеки сегмент отговаря водосборен басейн). Това е максималният възможен брой генерирани сегменти за модела и съответно за конкретния водосбор.
- **Стъпка 2.7.** → Генериране на сегменти от речните легла с помощта на Flow Direction + Stream Definition = Stream segmentation

Тук в тази стъпка се генерира речната мрежа на водосборния басейн. На **фигура 2. и 3.** е направена съпоставка между генериране на речна мрежа при зададена такава и без предварително зададена.



Фиг. 2. Генериране на речната мрежа от модела при използване на готов векторен слой.



Фиг. 3. Генериране на речната мрежа без предварително зададен вектор речна мрежа.

От **Фигури 2. и 3.** се вижда, че автоматичното генериране на речната мрежа от програмния продукт води до неправдоподобно очертание на речните легла. За да се избегне този недостатък е необходимо да се разработи предварително векторен слой – речна мрежа.

- **Стъпка 2.8.** → Очертаване на водосборните басейни. Те се генерират на базата на Flow Direction + stream segmentation
- **Стъпка 2.9.** → Генериране на водоразделите на водосборните области и Речна мрежа. Получения резултат е представен във векторен формат.
- **Стъпка 2.10.** → Обработка на речните участъци. Тук крайният продукт е получен на базата на двата растерни формата за речната мрежа, представени във векторен формат (River.shp);
- **Стъпка 2.11.** → Окръпняване на

очертаните вече под-басейни към конкретен створ (напречен профил) от реката.

- **Стъпка 2.12.** → Генерира се нов работен проект. С помощта на HEC – geoHMS Main View се генерира нов проект на основата на който се определят всички орохидрографски характеристики за всеки конкретен водосборен подбасейн, част от общия водосборен басейн на река Лесновска. Създават се атрибутивни таблици със стойностите на площта, надморската височина и наклон на под-басейните в основния басейн, наклон и дължина на речната система във водосбора. В таблицата е представена орохидрографията на водосборния басейн на р. Лесновска до разглеждания створ – шосе гр. Елин Пелин - Лесново.

Таблица 1.

Река	A km ²	H m		L m	I _{рек} ‰	I _{бас} ‰
Лесновска	460	764		42.5	0.03	0.0752

II.3. Стъпка 3 – Направена е кратка климатична характеристика описваща характера и климатичния район на изследвания водосбор, даващи основа за характера на формиране на оттока в реките;

II.4. Стъпка 4 – Изчислени са нормативно зададените водни количества с характерна обезпеченост по известните методи в хидрологията и с калибрираните за условията на нашата страна хидроложки модели. Хидроложки модели на български учени, като метода на ИХМ – БАН и метода на регионализацията и модели, като MIKE и HEC, които не дават оразмерителни водни количества, а са само симулационни модели.

II.5. Стъпка 5 - Работа с HEC geoRAS в среда на ГИС за генериране на напречни сечения в разглеждания речен участък.

II.6. Стъпка 6 - Работа с HEC RAS за изчисляване на водните нива и представяне на резултатите чрез модула HEC geoRAS в ГИС.

II.3. Стъпка 7- Въвеждане на крайните резултати от модела HEC RAS в среда на ГИС чрез модела HEC geoRAS се определят границите на заливаемите ивици и площите на заливане.

Резултатите от хидроложките и хидравличните изчисления са въведени в среда на ГИС, на основата на които са генерирани линейни векторни слоеве на водните нива, получени при различни нормативно зададени водни количества. Генерирани са отделни векторни слоеве, за всяко водно количество.

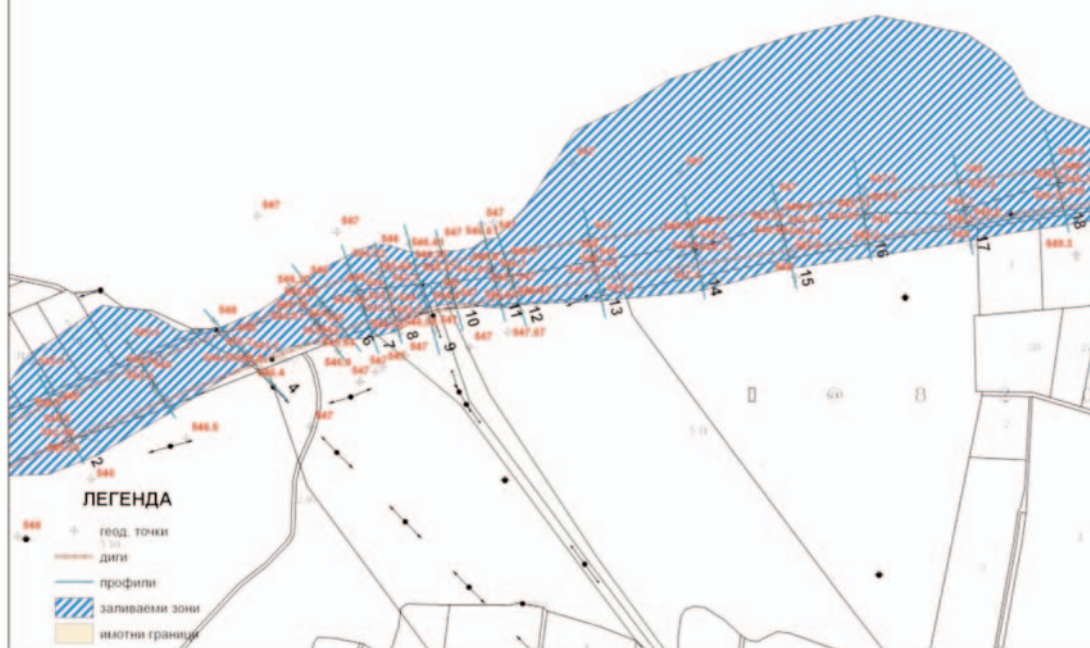
Извършено е съвместяване на слой заливаеми ивици с картата на възстановената собственост или кадастрална карта.

**Тематична карта на река Лесновска в естествено състояние
(с диги) с кота на водната повърхност при $Q_{\max}$ с $p = 5\%$ и
зоните на възстановената собственост**



Фиг. 4. Тематична карта с генериран векторен слой водно ниво получено при нормативно зададено водно количество с обезпеченост 5 % с изградени диги

**Тематична карта на р. Лесновска без диги с коти на водната
повърхност при $Q_{\max}$ с $p = 5\%$ и зоните на възстановената
собственост**



Фиг. 5. Тематична карта с генериран векторен слой водно ниво, получено при нормативно зададено водно количество с обезпеченост 5 % без изградени диги

На **Фигури 4. и 5.** са представени полигонови векторни слоеве на залежите в речния участък земи, очертаващи заливаемите ивици и принадлежащите земи на реката в среда на ГИС.

От **Фиг. 4.** се вижда че оразмерените в миналото диги за оразмерително максимално водно количество с обезпеченост 5 % се провежда/преминава без да излиза от коригирания изследван речен участък и сега.

От **Фиг. 5.** се вижда че при преминаване на оразмерително максимално водно количество с обезпеченост 5 % през изследвания речен участък без наличие на изградени диги се заливат принадлежащите на реката земи.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

От представеното до тук изследване може да се обобщи, че в среда на ГИС, може:

- да се събират и анализират хидрологични и хидравлични данни от измервания и наблюдения от дадена територия;
- да се моделират водни нива при различно нормативно зададено водно количество за даден речен участък;

- актуално да се представят в тематични карти, заливаемите ивици и принадлежащите земи за разглеждания речен участък (от р. Лесновска).

Този подход за определянето на заливаемите ивици и принадлежащите територии може да се използва за всяка река.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработване на методика за определяне на принадлежащите земи и заливаемите ивици на реките в България – разработка към МОСВ, София 2012 г.
2. Дисертационен труд на инж. Силвия Кирилова на тема: „ИНЖЕНЕРНО – ХИДРОЛОЖКИ И ВОДОСТОПАНСКИ АСПЕКТИ НА ВОДНАТА КРИЗА В СОФИЯ ПРЕЗ 1994 – 1995 г.” - София 2008 г.
3. „Разработка на актуализирана оценка на водните ресурси на р. Места с оглед възможностите за тяхното комплексно използване” разработка към МОСВ София 2008 г.

ФЕДЕРАЦИЯА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ СЪЮЗИ (ФНТС)

ИСКАТЕ ЛИ ДА ОТГОВОРИТЕ НА ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВАТА НА ВРЕМЕТО?

ПОТЪРСЕТЕ ФНТС ЗА:

Научно – технически конференции, симпозиуми, панаири и други изяви у нас и в чужбина;

Семинари, курсове и школи за професионална квалификация и преквалификация;

Информационна и издателска дейност на високо професионално равнище;

Ползване на конферентни и изложбени зали, симултантна и офис техника, научно – технически филми и др.

ДОВЕРЕТЕ СЕ НА ПРОФЕСИОНАЛИЗМА И КОМПЕТЕНТНОСТТА НИ!

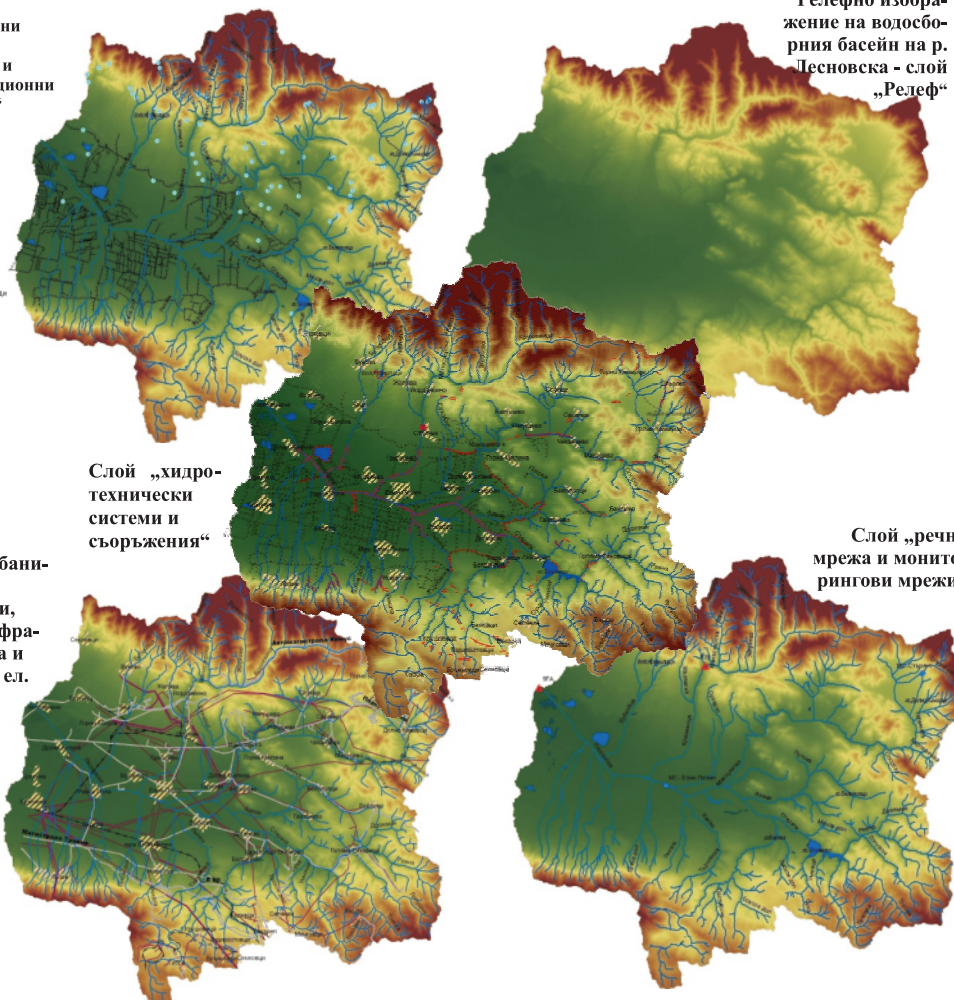
ЗА КОНТАКТИ С ФНТС: 1000 София, ул. Г. С. Раковски № 108

Тел: 987 72 30, факс 986 16 19, 987 93 60

Слой „мелиоративни системи и съоръжения, и речни корекционни съоръжения“

ЛЕГЕНДА

• водоемностиводи
— реки
— водосток
— канал
— мост
ЦМР
хипсометрия
High: 1674
Low: 505



Релефно изображение на водосборния басейн на р. Десновска - слой „Релеф“

Слой „хидротехнически системи и съоръжения“

Слой „урбанизирани територии, пътна инфраструктура и преносна ел. мрежа“

Слой „речна мрежа и мониторингови мрежи“

Фиг. 6. Тематични карти представящи изграждането на единна географска информационна система необходима за хидроложките изследвания



Консултации, експертизи и разработване на проекти във водното стопанство

Д-р инж. Силвия Георгиева Кирилова
София, 1046, бул. Хр. Смирненски 1
тел. 0898641669, факс: 02/8656692
E-mail: hydrocom@abv.bg

Фирма „ХИДРОКОМ“ ООД със седалище гр. София е основана през 1996 г. от доц. д-р инж. Стефан Първанов Модев и д-р инж. Силвия Георгиева Кирилова, преподаватели по инженерна хидрология в УАСГ.

Основната дейност на фирмата е разработване на инженерно хидроложки и хидравлични изследвания на реки от територията на Р. България, разработване на проекти в областта на проектирането на МВЕЦ-ве, корекции на реки, експертизи и становища във водното строителство.

Фирма „ХИДРОКОМ“ ООД е участвала в проекти към отделни общини, МОСВ и МРРВ.



2015

*Управителният съвет на НПС по водно дело
и Редакционната колегия на сп. „Водно дело”,
Ви честитят Новата 2015 г.
и Ви пожелават много здраве и професионални успехи!*