

Милен Чанев / Milen Chanev
Лъчезар Филчев / Lachezar Filchev

**ОЦЕНКА НА ДОБИВИТЕ ОТ ПШЕНИЦА ЗА
ЗЕМЕДЕЛСКАТА 2019/20 ГОДИНА
С ИЗПОЛЗВАНЕ НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ**

**Assessment of Wheat Yields for Agricultural
Year 2019/20 Using Satellite Data**

Abstract: The main objective of the study is to monitor crops for the 2019/2020 agricultural year with the use of low resolution NDVI and MVHI products of NASA and summary statistics of ground truth from the monthly bulletins of NIMH and annual report by the Bulgarian Ministry of agriculture, food and forestry for the territory of Bulgaria. The hypothesis tested in the study is that the satellite NDVI and MVHI products show similarities and match the ground truth, which allows for a satellite monitoring of winter wheat on a national and local level. The results from the study show that the continuous drought, which started in 2019 and continued to 2020, had significant effect on the yield of winter wheat (19.1% less yield) with significant regional variations, which match very well with the decadal satellite products.

Keywords: crop monitoring, NDVI, MVHI, MODIS, ECMWF, satellite data.

УВОД

Земеделските култури в България могат да бъдат подразделени на летни и зимни. Техните етапи на развитие и фенофазите им са обект на влияние от различни, включително и неблагоприятни метеорологични условия (студ, суша, преовлажняване на почви и силен вятър), които създават предпоставки за щети на културите. Тези променящи се условия се наблюдават и оценяват на основата на декадни оценки и на национално, регионално или глобално равнище. Мониторингът обикновено се извършва с данни и продукти от спътници с ниска разделителна способност¹. Оценката и мониторингът на състоянието на културите също е от съществено значение за изготвянето на емпирична оценка на добива с помощта на сателитни производни продукти².

Биологията на зърнено-житните култури е уникална, тъй като се подчинява на особени извиквания към температура, светлина и влага по фази на растеж и стадии на развитие. Всяка аномалия в някой от тези фактори създава известен риск при отглеждането, особено ако е по-продължителна. Вегетацията на зимните зърнено-житни култури преминава през всички сезони, което

прави около $\frac{3}{4}$ от продължителността на календарната година. Съответно през всеки период те се нуждаят от специфични условия за оптимален растеж и развитие. Влагозапасеността през есенно-зимния период е от ключово значение за правилното развитие на посевите. През есенните месеци на 2019 г. и през януари на 2020 г. пшеницата във всички области на България се е развивала при дефицит на влага, който е бил и основният лимитиращ фактор³.

Пшеницата е основна селскостопанска култура с голямо национално и световно значение. Голямото ѝ значение идва от факта, че тя е основна суровина за хранително-вкусовата промишленост и основната зърнено-хлебна култура.

По отношение на изискването на пшеницата към влагата, тя се отнася към културите със средна взискателност, за получаване на добив от 500–600 kg/da са необходими около 500–550 mm валежи по време на вегетацията, разпределени по начин, по който да покриват критичните периоди. В началото на фаза братене нуждата от влага, трябва да се задоволява от падналите валежи през есенният сезон. Когато започне масовото братене, вретененето и разтежа през пролетта рязко се увеличава нуждата от вода. По отношение на съдържанието на почвена влага критичен за посевите от пшеница е периодът на вретенене и изкласяване. През периода на цъфтеж, оплождане и наливане на зърното наличието на влага спомага за залагането на по-голям брой зърна и за тяхното нормално наливане. Засушаването в този период влияе отрицателно, намалява броя на зърната в класа и тяхната маса. Влагата е един от главните фактори, който лимитира добива от пшеница⁴.

Според последния доклад на Световната банка за развитие (WBDR), публикуван в началото на 2019 г., се очаква българското земеделие да бъде силно повлияно от изменението на климата понастоящем и през следващите 20–30 години. Дългосрочната прогноза за времето съгласно JRC MARS Bulletin за септември, октомври и ноември 2019 г. сочи, че е вероятно да се появят по-топли от обичайните условия в по-голямата част от Европа. През 2021 г. на основа на направен анализ по програма „Коперник“ е оценено, че 2020 г. е втората най-топла година през последното десетилетие след 2016 г. За Европа 2020 г. е най-топлата година от началото на инструменталните метеорологични наблюдения⁵.

Актуалността на изследването се подкрепя и от текущите оперативни мониторингови дейности в рамките на няколко международни организации и проекти на Организацията по прехрана и земеделие (ФАО), Глобална информационна система и система за ранно предупреждение (GIEWS), мониторинг на земеделските ресурси (MARS) в Съвместния изследователски център (JRC) към ЕК, Консултативна група по международни селскостопански изследвания (CGIAR). Сателитното наблюдение на селското стопанство е и гръбнак на програмите на „Коперник“ на ЕС и GEOSS⁶. Обектът на изследването е територията на България, заета от насажденията на пшеница. Целта на изследването е да се извърши мониторинг на културите за 2019/2020 земеделска година

за територията на България с използването на продуктите на MODIS-NDVI и MVHI по апробирана методика⁷. За да се постигне това, бяха изпълнени следните задачи: 1) да се събират сателитни и наземни данни за оценка на добивите на пшеницата за земеделската 2019/2020 от различни източници; 2) да се сравнят и анализират и двата набора от данни и да се направят научнообосновани изводи и препоръки.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За анализа на състоянието на посевите от пшеница и добивите са използвани основно експертните оценки на МЗХГ и JRC-MARS.

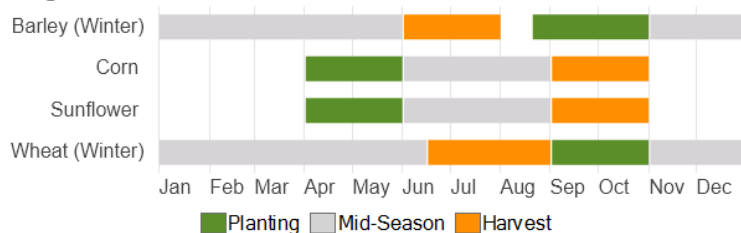
Използваните в настоящото изследване вегетационни индекси се основават на 10-дневни (декадни) спътникови данни за растителността за периода на наблюдение земеделската 2019/2020 г. от сензора METOP-AVHRR с пространствена разделителна способност (PPC) 1 km (от 2007 г. и след това). Данните с PPC от 1 km за периода 1984-2006 г. са получени от набора от данни NOAA-AVHRR при резолюция от 16 km. Оценките на валежите се получават от ECMWF.

Използваните данни от спектрорадиометър с ниска PPC за изображения (MODIS) за изчисляване на нормализиран разликов вегетационен индекс (NDVI) са обработени и произведени от Глобалната група за моделиране и картографиране на космическия център на НАСА/Годард (GIMMS) чрез финансиране на проекта за Глобален мониторинг на селското стопанство от министерството на земеделието на USDA (FAS).

Индексът на здравето на растителността (VHI) илюстрира влиянието на сушата на базата на здравето на растителността и влиянието на температурата върху условията на растенията. VHI е съставен индекс. Той съчетава както индекса на състоянието на растителността (VCI), така и индекса на температурните условия (TCI). TCI се изчислява с помощта на подобно уравнение с VCI, но свързва текущата температура с дългосрочния максимум и минимум, тъй като се приема, че по-високите температури са склонни да причинят влошаване на условията на растителността. Намалването на VCI например би означавало относително лоши условия на растителност и по-високи температури, което означава подчертани условия на растителност и за по-дълъг период ще бъде показателно за сушата. Изображенията на VHI се изчисляват за двата основни сезона и в три начина: декадни, месечни и годишни.

Продължителността на вегетацията на пшеницата, използвана в изследването, е определена от USDA – FAS/GMA/IPAD (Фигура 1).

Bulgaria – Crop Calendar

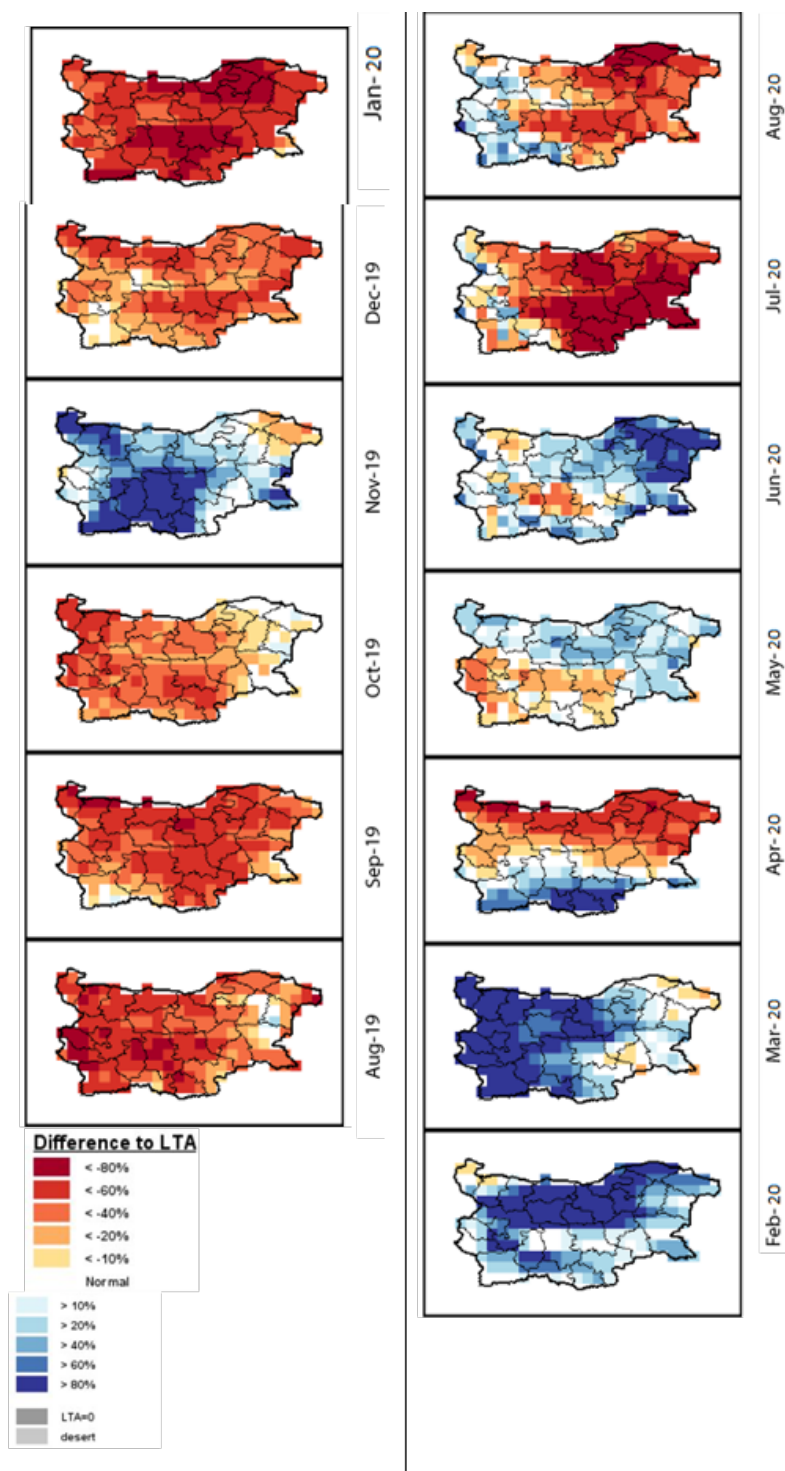


Source: FAS/GMA/IPAD

Фигура 1. Вегетационен календар на основните зърнени култури, отглеждани в България. (източник USDA – FAS/GMA/IPAD)

РЕЗУЛТАТИ

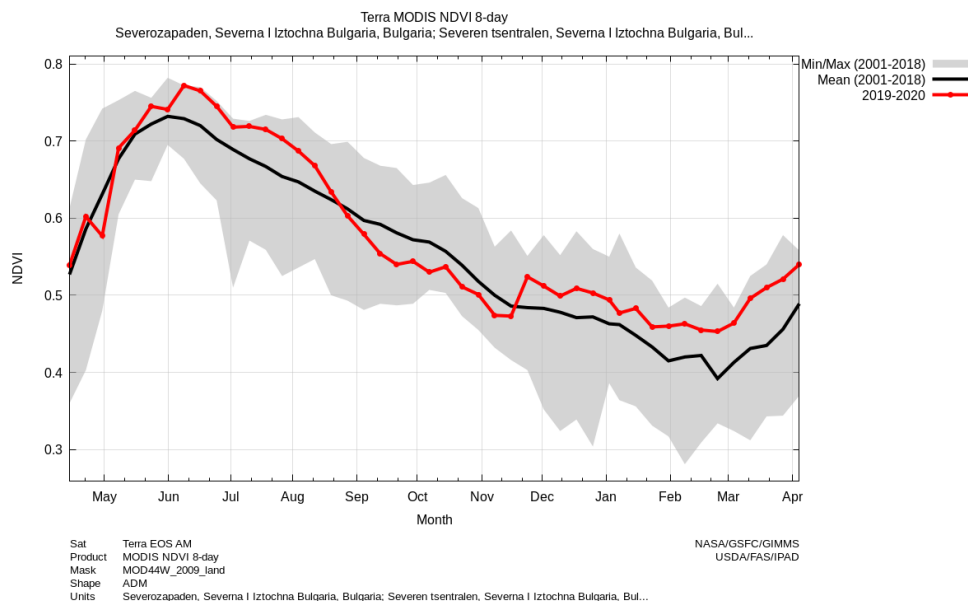
През декември 2019 г. валежите в по-голямата част от страната са под 50% от климатичните норми, а почвените влагозапаси в края на есента – необичайно ниски за сезона (Фигура 2).



Фигура 2. Оценка на валежната аномалия в България за вегетационния период на пшеницата (август 2019/август 2020 г.) (източник FAO-GIEWS, ECMWF).

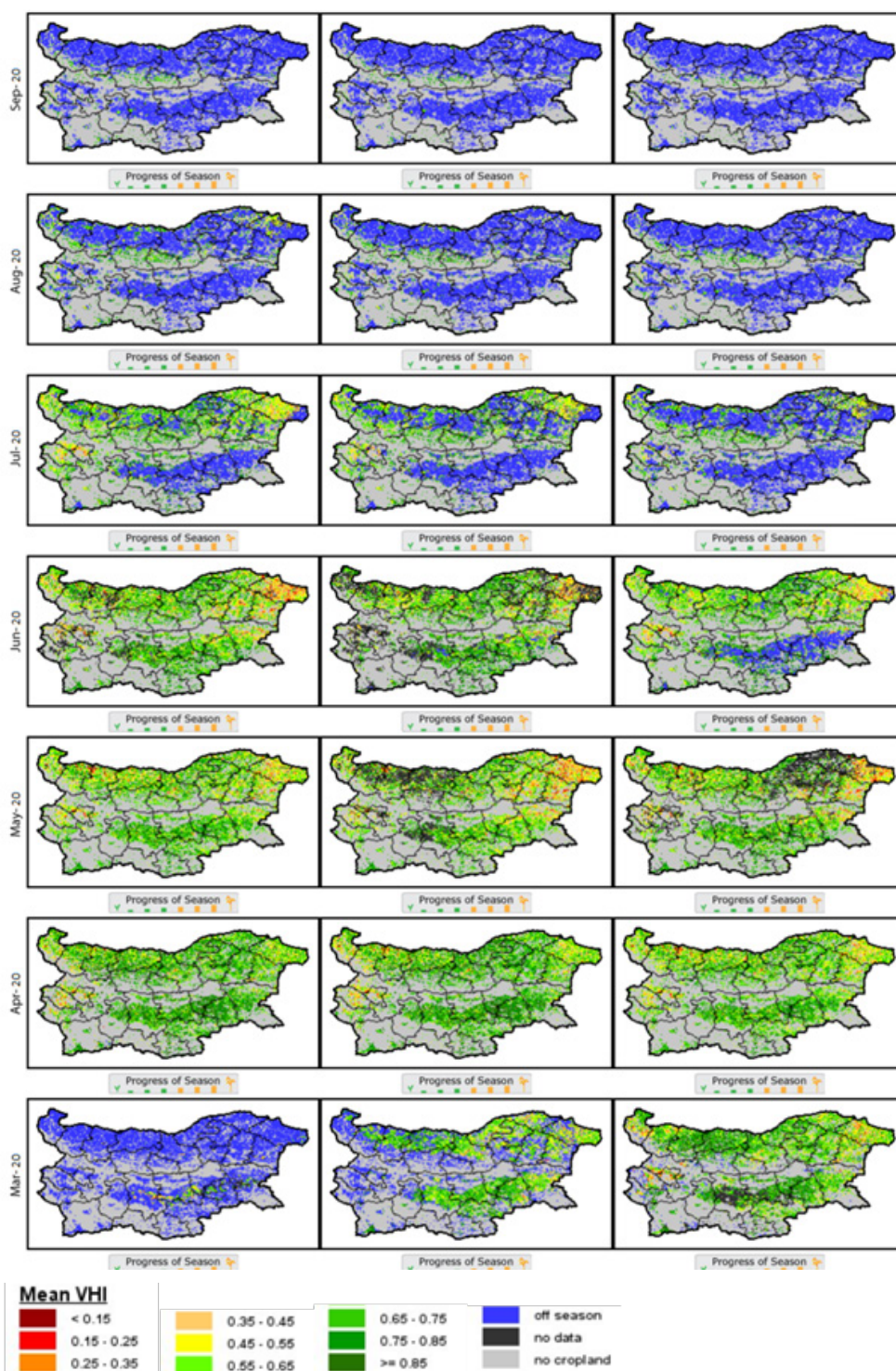
Валежната аномалия е представена на Фиг. 2. Тя е изчислена на основата на разликата между падналите валежи за периода и средния валеж. Средният валеж, от който е изчислена валежната аномалия, е оценен на основата на времева серия от спътникови данни за периода 1985–2015 г.

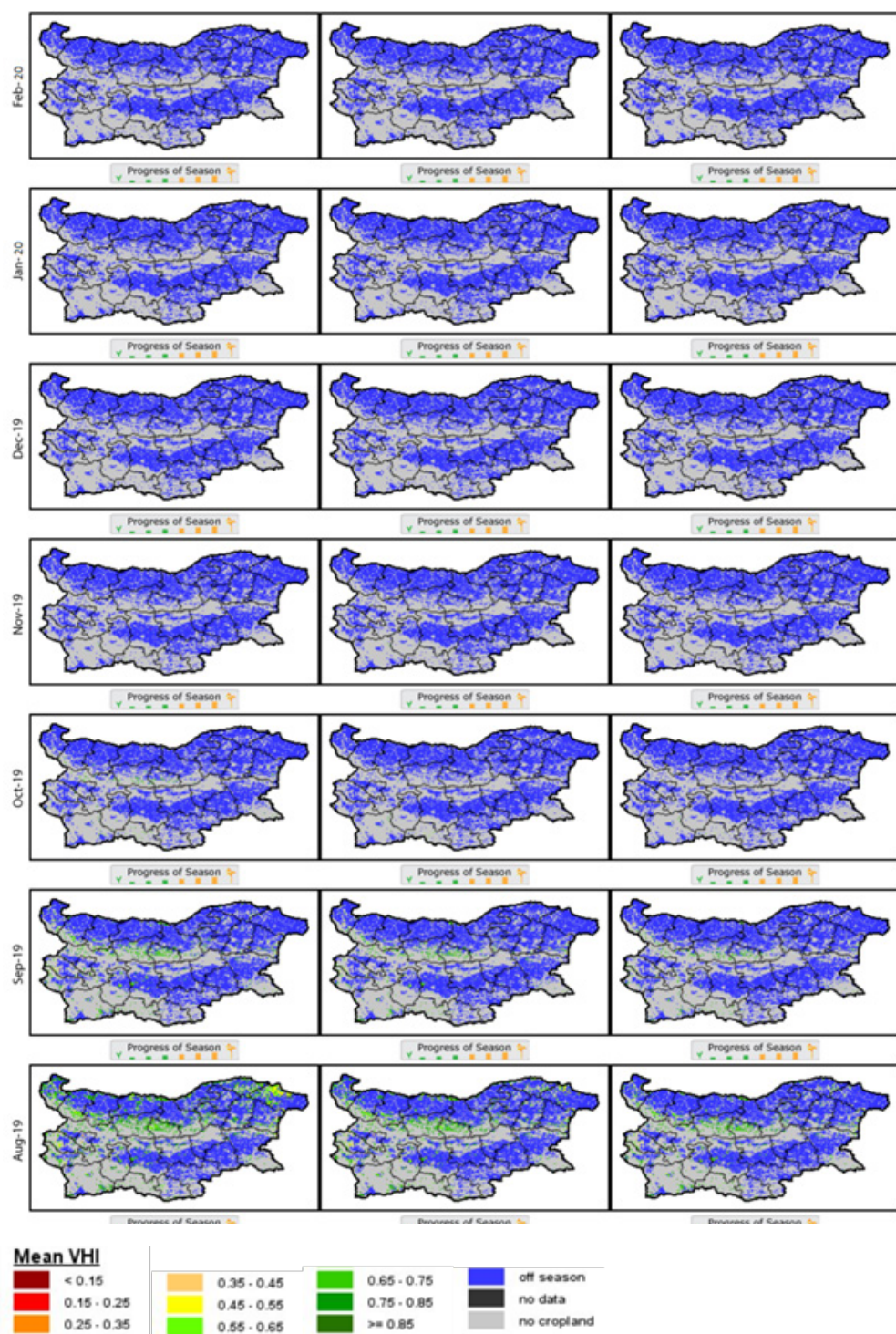
Общият ход на вегетацията може да се проследи посредством хода на стойностите на вегетационни индекси, изчислени от спътникови данни.



Фигура 3. Стойности на NDVI за територията на България с приложена маска за земеделски земи от MOD44W_2009_land. Периодът на наблюдение за северното полу-кълбо започва на 04 април (източник NASA/GSFC/GIMMS и USDA/FAS/IPAD).

На Фиг. 3 прави впечатление общото повишаване на стойностите на NDVI през периода на вегетацията на стопанската 2019/2020 г., което свидетелства за общо добро и над средното състояние на земеделските култури в страната. По-детайлна картина за динамиката на състоянието на растителността може да се добие от средния индекс на здравето на растителността (Mean Vegetation Health Index). Стойностите на MVHI са представени на Фигура 4.





Фигура 4. Осреднен индекс за здравето на растителността (MVHI) за 2019/2020 земеделска година (източник NASA/GSFC/GIMMS и USDA/FAS/IPAD)

От декадните MVCI изображения, представени на Фиг. 4 на територията на страната, може да се направят следните изводи. Засушаването в Североизточна България започва още с възобновяването на вегетацията в средата на март 2020 г., потвърждаващо изводите и наблюденията върху нормите на валежите и ниската влагозапасеност. Засушаването продължава до края на вегетацията на пшеницата в тези части на страната, докато в Централна Северна България и Горнотракийската низина имаме по-добро от средното състояние. На серията от декадни изображения може ясно да се проследи прибирането на реколтата, започнало в Югоизточна България през последната декада на юли 2020 г.

Наблюденията върху хода на вегетацията се потвърждават и от анализа на валежните суми. През януари 2020 г. измерените суми на валежите в цялата страна са по-ниски от климатичната норма за този месец, като средната стойност на дефицита на валежите за страната е 81% спрямо нормата. В Североизточна и Югоизточна България (тук попадат и областите с най-ниски средни добиви за 2020 г.) почвеното засушаване е по-силно – с индекси от силно до повишено, за разлика от останалите райони на България, в които са отчетени индекси от умерено до нормално почвено засушаване. В допълнение към сериозното засушаване през януари в голяма част от районите са регистрирани и максимални температури над 15 °C, поради което оценката за състоянието на есенниците като цяло е незадоволителна. Наблюдаваните през януари 2020 г. повреди по зимните житни култури, изразяващи се в пожълтяване на листната маса, са вследствие на дефицита на влага и са необичайни за този период от годината.

През февруари и март 2020 г. валежите в областите с положителни отклонения от средните добиви (2015–2019 г.) са значително по-високи от месечната норма на валежите, чрез което се компенсира недостигът на влага в почвата от предходните месеци. През февруари и март в голям брой от областите с отрицателни отклонения от средните добиви валежите са около нормата и са недостатъчни да компенсират по-големия недостиг на влага от предходните месеци. Така например отчетеното количество валежи от началото на м. октомври 2019 г. до края на месец март 2020 г. в района на Генерал Тошево (област Добрич) е 144 mm, което е крайно недостатъчно.

За многогодишен период, обхващащ 1953–2019 г., само седем години са с по-ниски стойности, като последните две са 2000–2001 (134.10 mm) и 2006–2007 (120.20 mm). През м. март 2020 г. картината в областите с най-големи отрицателни отклонения на добивите допълнително се усложнява, когато след период на затопляне с максимални температури над +20 °C през няколко последователни дни са отчетени минимални температури от – 1° до – 4.5 °C, а на някои места и до – 6° – 8 °C.

През април 2020 г. валежите са под нормата и съответно индексите на почвено засушаване са по-високи във всички области с отрицателни отклонения от добивите. В преобладаващия брой области с положително отклонение

на добивите валежите през април са над нормата. В областите с най-високо положително отклонение на добивите (Пловдив, Пазарджик и Кърджали) валежите са превишавали с над 200% средната норма за дългогодишен период. До средата на първото десетдневие на април на много места в страната са регистрирани отрицателни минимални температури. В края на второто и началото на третото десетдневие е отчетено съществено понижение на минималните температури. На места в югозападните и североизточните райони на страната са образувани слани.

През май, независимо от факта, че валежите в почти всички области са около или малко над нормата, индексите на почвеното засушаване се запазват високи в почти всички области с изключение на Пловдив и Пазарджик, където са умерени. През второто десетдневие агрометеорологичните условия се определят от сухо и необичайно топло за сезона време. На много места в страната са регистрирани максимални температури до и над 34° С. Това предизвиква скъсяване на междофазните периоди в развитието на зимните житни култури. В повечето области фазите изкласяване, цъфтеж, оплождане и наливане на зърното се осъществяват при дефицит на влага. На места в Източна България, вследствие продължителното пролетно засушаване, състоянието на есенните посеви е влошено.

През месец юни валежите в областите с най-сериозно намаление на добивите (Добрич и Варна) са обилни и многократно превишават месечната норма с около 200 %. Те допълнително влошават състоянието на посевите, като довеждат до масово развитие на сапрофитни гъби и влошаване на физичните качества на зърното.

Добиви от пшеница през земеделската 2019/2020 г.

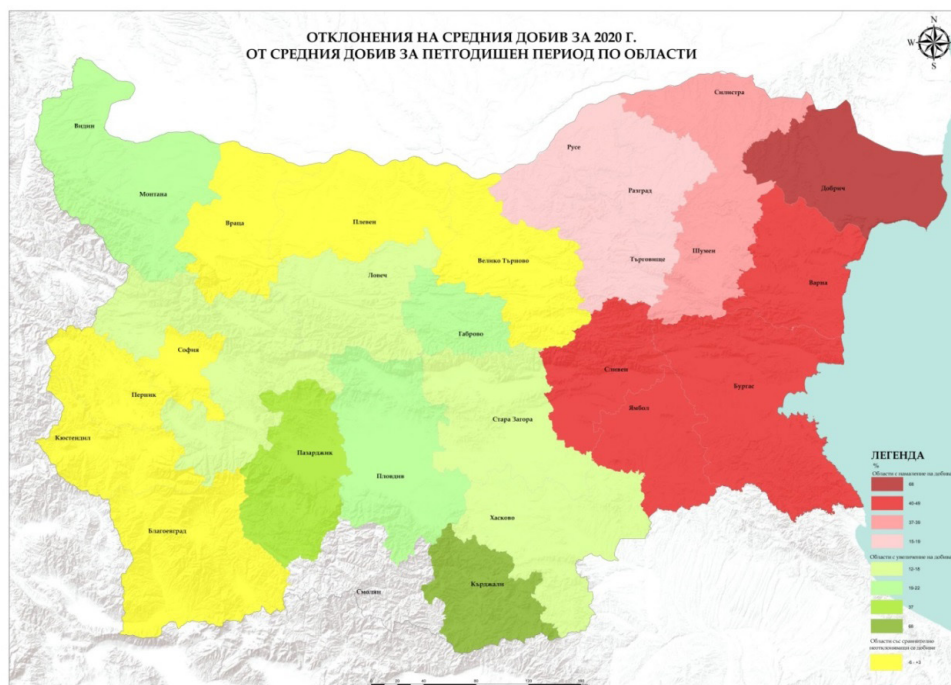
През земеделската 2019/2020 година получените средни добиви от пшеница за страната, по данни на Оперативните анализи на основни земеделски култури на МЗХГ, са 394 kg/дка и са най-ниските за периода 2015–2020 г. Средният добив на пшеница през 2020 г. е с 19.1% по-нисък от средния добив за страната за предходния петгодишен период⁸.

През земеделската 2019/2020 година в 10 области на източна България (Добрич, Варна, Бургас, Сливен, Ямбол, Шумен, Търговище, Силистра, Разград, Русе) са получени значително по-ниски добиви в сравнение със средните за съответната област за последните 5 години. Намалението варира от 68% за област Добрич до 15% за област Разград.

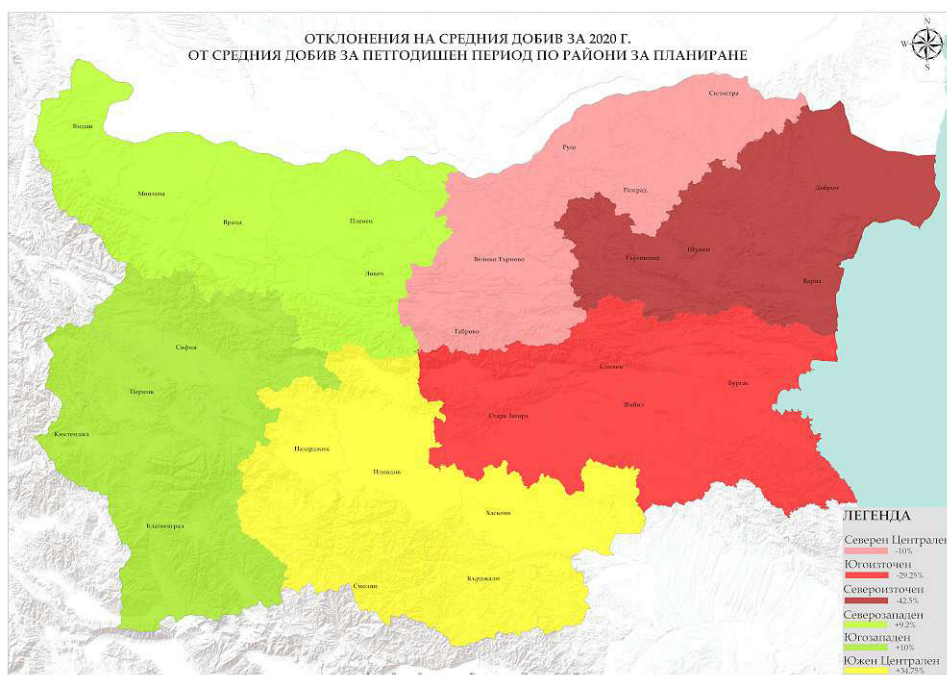
В други 10 области (Хасково, Кърджали, Стара Загора, Пловдив, Пазарджик, София – област, Монтана, Видин, Ловеч, Габрово) средните добиви през 2020 г. превишават средните добиви за съответната област за последните 5 години. Увеличението варира от 68% за област Кърджали до 13% за област Ловеч.

В останалите 7 области на страната (Благоевград, Кюстенди, Перник, София – град, Враца, Плевен, Велико Търново) добивите през настоящата го-

дина са в рамките ($-6\% - +3\%$) на средните за съответната област за последните 5 години.



Фигура 5. Отклонения от средния добив за 2020 г. по области.



Фигура 6. Отклонения от средния добив за 2020 г. по райони за планиране.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение ще отбележим, че анализирането на агрометеорологичните данни в областите с най-голямо отрицателно отклонение на добивите от пшеница през 2020 г., формулирани в доклада на МЗХГ, показва, че те са получени в резултат на комбинация от следните фактори: крайно недостатъчно валежи през есенно-зимния период и задълбочаваща се суша до навлизане на културите в стопанска зрелост; високи средни дневни и абсолютни максимални температури през зимните месеци; възвратни мразове при настъпване на фаза вретене; интензивни количества валежи във възрастна зрелост.

Картината е усложнена както от натрупване на различни видове стрес, така и от взаимодействия с технологични решения и сортов състав.

Полученият през стопанска 2019/2020 година по-нисък среден добив от пшеница за страната (с 19%) и отбелязаните по-горе сериозни отрицателни (от 15% до 68% в 10 области) и положителни отклонения (от 13% до 68% в 10 области) от средните добиви по области за минал петгодишен период могат да се обяснят с различията в метеорологичните условия по райони и с различната комбинация от агрометеорологични фактори по време на най-важните фази от развитието на пшеничните растения. Това се потвърждава и от спътниковите анализи и наблюдения на декадна база, предоставени от NASA/GSFC/GIMMS и USDA/FAS/IPAD.

В заключение, стопанската 2019/2020 година приключи с незадоволителни резултати за пшеницата, които ще дадат своя негативен ефект и през следващата производствена година. Конкретната препоръка от настоящето изследване към отговорните и компетентни органи е да се използват данните, продуктите и услугите както предоставяни от JRC и програма „Коперник“ към ЕК, така и експертните оценки на NASA. На декадна база могат да се правят оценки на трендовете на национално ниво и да се осигури навременна подкрепа за земеделските стопани в най-засегнатите от сушата региони. Съществен недостатък на спътниковите продукти е праговата стойност от 25% от максималната стойност на NDVI за отбелязване на начало на възобновяване на вегетацията. По тази причина продуктите преди стигане до този етап на развитие на растителността са маскирани и не дават информация за състояние на културите. На този етап от изключителна важност са агроклиматичните оценки на НИМХ, които с мрежата от наземни станции и многогодишният опит дават навременна информация за отделните части на страната. Трябва да се отбележи факта, че спътниковите продукти също така не дават отговор относно причинителите на ситуацията към даден момент, поради което експертното познание и интерпретация остават незаменими и се явяват мощен инструмент за подпомагане на вземане на решения в динамичен порядък на национално, регионално и глобално ниво.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват своите благодарности на USDA – FAS/GMA/IPAD, МЗХГ, НИМХ и Съвместния изследователски център към ЕК, без чиито данни, продукти и експертни оценки настоящата работа би била невъзможна. Авторите декларират отсъствие на конфликт на интереси.

БЕЛЕЖКИ / NOTES

¹ Roumenina, E., V. Kazandjiev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Vassilev, G. Jelev, V. Georgieva, and H. Lukarski. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. – International Journal of Remote Sensing, 2013, 34/8, 2888–2904. DOI:10.1080/01431161.2012.755276

² Doraiswamy, P., J. Hatfield, T. Akhmedov, B. Prueger, and J. Stern. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. – Remote Sensing of Environment, 2004, 92/4, 548–559.

³ МЗХГ – Доклад за ефекта от въздействието на основните агрометеорологични фактори върху развитието и добивите на основните полски култури в страната през 2019/2020 г.

⁴ Делчев, Г., Ц. Желязкова. Растениевъдство. Стара Загора: Сайпрес, 2016.

⁵ Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded, Press release, Reading, 8 January 2021. URL: <https://climate.copernicus.eu/2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded>

⁶ Future Brief: Earth Observation's Potential for the EU Environment. Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol. Science for Environment Policy Report produced for the European Commission DG Environment, February 2013. URL: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

⁷ Filchev, L., V. Vassilev. Crop monitoring of 2011/2012 agricultural year for the territory of Bulgaria with the use of MODIS NDVI products. – In: 8th Scientific Conference with international participation “Space, Ecology, Safety“ (SES' 2012), 297–305.

⁸ МЗХГ – Доклад за ефекта от въздействието на основните.....

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Делчев, Г., Ц. Желязкова. Растениевъдство. Стара Загора: Сайпрес, 2016 [Delchev, G., Ts. Zhelyazkova. Rastenievadstvo. Stara Zagora: Saypres, 2016].

Doraiswamy, P., J. Hatfield, T. Akhmedov, B. Prueger, and J. Stern. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. – Remote Sensing of Environment, 2004, 92/4, 548–559.

Filchev, L., V. Vassilev. Crop monitoring of 2011/2012 agricultural year for the territory of Bulgaria with the use of MODIS NDVI products. – In: 8th Scientific Conference with international participation “Space, Ecology, Safety“ (SES' 2012), 297–305.

Roumenina, E., V. Kazandjiev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Vassilev, G. Jelev, V. Georgieva, and H. Lukarski. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. – International Journal of Remote Sensing, 2013, 34/8, 2888–2904. DOI:10.1080/01431161.2012.755276

ИНТЕРНЕТ ИЗТОЧНИЦИ / INTERNET SOURCES

МЗХГ – Доклад за ефекта от въздействието на основните агрометеорологични фактори върху развитието и добивите на основните полски култури в страната през 2019/2020 г.

https://www.mzh.government.bg/media/filer_public/2020/10/01/doklad_za_efekta_ot_vzdeistviето_na_osnovnite_agrometeorologichni_faktori_vrkhu_razvitiето_i_dobivite_na_osnovnite_polski_kulturi_v_stranata_prez_2019-2020_g-1.pdf [MZHГ – Доклад за ефекта от въздействието на основните агрометеорологични фактори върху развитието и добивите на основните полски култури в страната през 2019/2020 г.].

НИМХ – месечни бюлетини. 2019–2020. URL: <http://www.meteo.bg/> [НИМХ – monthly bulletins. 2019–2020. URL: <http://www.meteo.bg/>].

Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded, Press release, Reading, 8 January 2021. URL: <https://climate.copernicus.eu/2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded>

FAO, GIEWS. Bulgaria. 2021. URL:

<http://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?lang=en&code=BGR>

Future Brief: Earth Observation's Potential for the EU Environment. Science Communication Unit, University of the West of England, Bristol. Science for Environment Policy Report produced for the European Commission DG Environment, February 2013. URL: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

JRC MARS Bulletin, 27/9, September 2019.

URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/jrc-mars-bulletin-crop-monitoring-europe-september-2019-vol-27-no-9>

NASA/GIMMS and USDA/FAS GEOGLAM, 2021.

URL: <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>

СЪКРАЩЕНИЯ / ABBREVIATIONS

МЗХГ – Министерство на земеделието, храните и горите

НИМХ – Национален институт по метеорология и хидрология

ППС – пространствена разделителна способност

AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer

CGIAR – Consultative Group on International Agricultural Research

ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

FAS – Foreign Agricultural Service of USDA

FAO – Food and Agriculture Organization

GIEWS – Global Information and Early Warning System

GIMSS – Global Agricultural Monitoring System

GSFC – Goddard Space Flight Center

IPAD – International Production Assessment Division of USDA-FAS
JRC – Joint Research Centre
MARS – Monitoring Agricultural Resources
MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MVHI – Mean Vegetation Health Index
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
TCI – Temperature Condition Index
VCI – Vegetation Condition Index
USDA – United States Department of Agriculture