

АВТОРЕФЕРАТ

За присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
в област на висше образование 5. Технически науки, професионално
направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия (инженерна
хидрология, хидравлика и водно стопанство)

**ХИДРОЛОЖКИ ПОДХОДИ ЗА РЕСУРСНИ ОЦЕНКИ ПО ВОДОСБОРИ И
ВОДНИ ТЕЛА**

Докторант: инж. Мая Йорданова Ранкова

Научни ръководители: проф. д-р Пламен Нинов,
[проф. д-р Цвятка Карагъзова]

Научен консултант: доц. д-р Ирена Илчева - Михайлова
Департамент: „Хидрология”

гр. София, 2021 г.

Дисертационният труд е с обем 137 стр., съдържа 69 фигури, 39 таблици и се състои от 5 глави. Използваната литература включва 106 заглавия.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширен електронен семинар на департаменти „Хидрология“ и „Прогнози и информационно обслужване“, проведен на 29.09.2021 г., съгласно заповед № НД – 04 – 23/ 21.09.2021 г. на Генералния директор на НИМХ. Съставът на научното жури е определен със Заповед № НД – 04 – 45/ 01.11.2021 г.:

Вътрешни членове

1. проф. д-р Пламен Нинов
2. доц. д-р Елена Божилова

Резервен вътрешен член

доц. д-р Снежанка Балабанова

Външни членове

3. проф. д-р Николай Лисев, УАСГ
4. проф. д-р Евелин Монева
5. доц. д-р Мартина Печинова, УАСГ

Резервен външен член

доц. д-р Венци Божков, УАСГ

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 28.01.2022 г. в 13.00 часа в зала „Акад. Любомир Кръстанов“ на НИМХ.

Материалите по защитата са на разположение на интересувалите се в канцеларията на НИМХ

Номерата на фигурите, таблиците и формулите в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

ABSTRACT

The surface water resource determination is an important issue related to most reliable water management. In this aspect, the present work is part of the effort to create an operational tool to assess the annual resource. It is related to the work of the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH) [56], as the main state body responsible for their determination, according to the Water Act. The resource can be determined in different time periods. The determination of the annual resource is of great importance, as this is one of the periods for planning the use of the water supply by the state institutions responsible for water management. On the other hand, annual averaging greatly simplifies the water balance equation, which is one of the methods for determining it.

There are several methods in world practice for this purpose:

- modeling the process “rainfall – runoff”;
- regionalization in typical water quantities depending on physico-geographic factors;
- balance approach.

The first of these requires a significant resource of information, and is used mainly to analyze the impact of meteorological and physico-geographical factors on the formation of runoff. Both quantitatively and qualitatively, such information is often insufficient, unreliable or even missing. Applying this approach is difficult on a national scale and the results can be indicative.

The method of hydrological regionalization is based on registered river flow. Its main advantage is the use of data from the hydrological monitoring network, which reflects to the greatest extent the current state of the river outflow, including the influence of anthropogenic factors that deformed the natural regime of the rivers. It also requires a huge amount of hydrological information for a long period of time.

The water balance method is widely used for the purposes of the Water Framework Directive [26], both for the assessment of the water bodies' resources influenced by human activity, as well as for analysis of pressure and water stress, for water economic balances, for the management of water abstractions and river basins. It applies to WB category "lake" - large dams; WB with resource dependent on technological input from dams or derivations; WB with additional flow of water transfer, etc.

The Hydrological Regionalization Method and the Water Balance Method have been applied and illustrated for pilot catchments, discussing their advantages, disadvantages and results obtained.

Separately, both methods have been successfully applied to the selected pilot Vit river basin with comparative analysis and evaluations.

Vit is one of the main bays in Northern Bulgaria, combining a mountainous, hilly and plain area, on average in area, presenting relatively well the characteristics of formation of the river flow. There are three significant dams, two irrigation

systems, derivations and water transfers and a significant number of smaller consumers. In this sense, the basin is chosen as representative, with the opportunity to demonstrate the methods. The balance method is applied to typical sub-basins for the period 2015 -2017.

As a result, a hydrological evaluation of the surface water resource was made for the selected sub-basins based on the registered flow and the water balance assessment of the surface water resource for the same sub-basins. A comparison was made, conclusions were drawn about the advantages and disadvantages of the methods and their applicability in practice. The PhD student also contributes to the assessment of the resources of water bodies in the Ogosta River valley and the river valleys west of it. They represent a significant part of the country's territory. The PhD student also participates in the assessment of typical water quantities by the method of hydrological regionalization.

ВЪВЕДЕНИЕ

Съгласно първоначално поставената задача за разработване на хидроложки подходи за ресурсни оценки както по водосбори, така и по водни тела за нуждите на управлението на водите, е необходимо да се направи критичен анализ на различните методи за оценка на ресурса. Обектът на разработката обхваща течащите повърхностни води, за които могат да бъдат прилагани хидроложки способности за оценка на водните количества. Хидрографското описание обхваща и представя общите водосборни области и частите от тях в хипсографно отношение, както и определени характеристики, които отразяват формата на водосборната област. Редиците на хидроложките характеристики (средна стойност на оттока, и др.) могат да бъдат удължени, при наличие на добра връзка между отточните характеристики и климатичните фактори, което има отношение към запълване на частично липсваща информация в някои от станциите поради технически причини. В разработката са представени поречия от централната и западната части на Дунавския водосбор – поречие Вит, река Огоста и поречията западно от нея. Вит е една от основните реки в Северна България, съчетаващ планински, хълмист и равнинен район, средно по площ, представлящо относително добре характеристиките на формиране на речния отток. Има три значими язовира, две напоителни системи, деривации и водопреносни системи и значителен брой по – малки потребители. В този смисъл басейнът дава възможност за демонстриране на метода на хидроложката регионализация и балансовия подход при оценка на водните ресурси. Балансовият метод е приложен за типични подбасейни за периода 2015-2017 г. Направено е сравнение на споменатите два метода и са представени изводи за предимствата и недостатъците им. Поречието на река Огоста и поречията западно от нея представляват значителна част от територията на страната, за което дисертанта има принос при оценката на ресурсите на водните тела в поречията, а също за оценката на характерни водни количества по метода на хидроложката регионализация.

АКТУАЛНОСТ

Изследванията, в дисертационния труд отразяват актуална и остра необходимост от качествена оценка на ресурсите от повърхностни води в условия на нарушен режим по основните български поречия и при динамично променяща се във времето хидрометрична мрежа. В условията на променящият се климат, обновяването на методите и зависимостите за оценка на водните ресурси е особено актуално. Представените резултати както като методична основа, така и като практическо приложение са вече внедрени в практиката на института. Отделно те са получили одобрение и от експертите на МОСВ като надеждни, а резултатите се предоставят за изготвяне на планове за управлението на водните ресурси от държавните институции.

ОСНОВНИ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

В настоящата разработка са поставени и се представят методични подходи и практически решения за оценка на ресурсите на повърхностни води, както по водни тела така и по водосбори.

Последното включва:

- ✓ Разработка на подходи и актуални зависимости с приложение на хидроложка регионализация на базата на съвременния референтен период, което се изисква от променените условия за формиране на речния отток в условията на антропогенни въздействия и променящият се климат. Анализ на наличността и качествата на хидрологичната информация от непрекъснато актуализиращата се мониторингова мрежа на НИХМ;
- ✓ Познаване и практическо приложение на метода на хидроложката регионализация за пилотни поречия в Северозападна и централна Северна България с онагледяване на технологичната схема и получените резултати, както и тяхното внедряване в работата на НИМХ и органите за управление на водите в държавата;
- ✓ Разработка на практически способи за прилагане на водно-балансовия подход при оценка на ресурсите на ниво водосбор и под-водосбор. Анализ на наличността и достъпа до съответната информация за прилагането на този подход. Практическо приложение за пилотно поречие в Централна Северна България;
- ✓ Сравнение на резултатите от хидроложката регионализация и водно-балансовия подход, възможности за практическо използване; сравнителен анализ и изводи, относно възможностите им за прилагането.

Разработката се извършва на базата на историческа информация за регистрирания речен отток в хидрометричните станции от мониторинговата мрежа на НИМХ в разглежданите поречия. До колкото се използва регистрирания, „реално“ протичащ отток в реките, в него пряко отражение намират антропогенните и климатични въздействия върху естествения отток и предполага получаването на най – достоверна оценка на наличния воден ресурс в дадена точка от водосбора.

ГЛАВА 1. ПРЕГЛЕД НА ОЦЕНКАТА НА РЕСУРСИТЕ ОТ ПОВЪРХНОСТНИ ВОДИ, ПРОВЕЖДАНИ В БЪЛГАРИЯ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ХИДРОЛОЖКИ ПОДХОДИ

1.1 Характеристика на повърхностните води.

1.1.2 Наличие на данни за повърхностни води

1.1.3 Обработка и тълкуване на данни за повърхностни води

1.1.4 Данни от хидрометрични станции

1.1.5 Регресия с близката станция за измерване

1.2 Хидроложки метод при регионализация на различни статистически оценки

1.3 Представителност на изчислителния период

1.3.1 Реконструирани редове на речния отток

1.4. Крива на разпределение

1.5 Статистически зависимости между хидрометеорологичните променливи

1.6. Привеждане на криволинейна корелация в праволинейна

ГЛАВА 2. ХИДРОЛОЖКИ РЕСУРСНИ ОЦЕНКИ В ГОЛЕМИТЕ РЕГИОНИ И ДЪРЖАВИ

2.1. Обща оценка

2.2 Използване на записи за речен отток

Преминаване към реконструиран речен отток:

- Регресия с близката измервателна станция
- Метод за съотношение на дренажната площ.
- Модели – Валеж-отток.
- Удължаване на къси редици от данни.
- Записи на къси редици.
- Ключови криви.

2.3 Промени в годишните и сезонните условия

2.4 Промени в големите региони и държави

2.5 Ефекти чувствителни среди

2.6 Обобщение на световните водни ресурси

2.7 Хидрологични наблюдения и измервания

ГЛАВА 3. БЪЛГАРСКИЯТ И СВЕТОВНИЯТ ОПИТ В ОБЛАСТТА НА ОЦЕНКА НА РЕСУРСИТЕ ОТ ПОВЪРХНОСТНИ ВОДИ ПО ВОДНОБАЛАНСОВ МЕТОД

3.1 Преглед на приложението на водни баланси в България.

3.1.1 Водни ресурси

3.1.2 Метод за определяне на ненарушен режим на отток.

Метод, чрез който се осъществява избор на сходен ред (редове), за който е сигурно, че характеризира ненарушен режим на оттока за даден речен пункт.

Така определената корелативна връзка с период n_1 се използва за възстановяване на стойности на нарушената част на антропогенно повлиян ред с период n_2 .

3.1.3 Методи при изчисляване на загубите и баланса на язовири:

$$\Sigma \text{Упр} + x - \Sigma \text{уст} = E; E = E_{\text{непр}} + U_{\text{хоз}}$$

Балансът на дадена площ/зона е сума на притоците ($\Sigma \text{Упр}$) и валежите (x) минус сума на оттичащите се води ($\Sigma \text{уст}$), което се равнява на загубите (E), които пък от своя страна са сума от непродуктивните загуби ($E_{\text{непр}}$, например изпарение) и загубите предизвикани от стопанската дейност ($U_{\text{хоз}}$).

Уравнение на водния баланс:

$$Q_0 = Q_e - Q_{\text{кв}} + Q_{\text{изп}} + Q_{\text{дп}} \pm Q_{\text{пр}} \pm Q_{\text{прв}} + Q_{\text{ев}} - E,$$

Q_0 – протичащо водно кол-во през долния, разглеждан хидрометричен створ;
 Q_e – протичащо водно кол-во през горния хидрометричен створ над разглежданата станция; $Q_{\text{кв}}$ – комплексно водоползване и водопотребление, като: $Q_{\text{кв}} = Q_n + Q_v + Q_{\text{пв}} + Q_e$;

Q_n – водното кол-во, използвано за напояване; Q_v – водното кол-во, използвано за битово водоснабдяване; $Q_{\text{пв}}$ – водното кол-во, използвано за промишлено водоснабдяване; Q_e – водното кол-во, използвано в енергетиката; $Q_{\text{изп}}$ – води, изпуснати от водохранилищата; $Q_{\text{дп}}$ – допълнителна приточност; $Q_{\text{пр}}$ – прехвърлени води по повърхностен път; $Q_{\text{прв}}$ – прехвърлени води по подземен път; $Q_{\text{ев}}$ – възвратни води; E – загуби от изпарение от водна площ.

3.1.4 Състояние на ведомствената и опорната хидрометрична мрежа.

3.1.5 Напояване и отводняване

3.2 Преглед на световния опит в областта на оценка на ресурсите от повърхностни води по воднобалансов метод

3.2.1 Количествени параметри.

3.2.2. Източници на данни

В басейни, свободни от човешки намеси, уравнението на хидрологичния баланс е:

$$ExIn + P - Eta - \Delta S = Q_{nat}$$

И двете страни на това уравнение могат да бъдат идентифицирани с възобновяеми водни ресурси (RWR):

$$\text{Вариант 1. } RWR = ExIn + P - Eta - \Delta S$$

$$\text{Вариант 2. } RWR = Q_{nat}$$

За да бъдат прилагани в басейни с човешки промени, тъй като наблюдаваният отток не е равен на RWR , за вариант 2 е необходимо повторно натурализиране на потока.

$$\text{Вариант 1. } RWR = ExIn + P - Eta - \Delta S_{nat}$$

Вариант 2. $RWR = \text{Изходящ поток} + (\text{Абстракция} - \text{Връщане}) -$

ΔS_{art}

Въпреки това, стана ясно, че има някои проблеми, които са споменати по-долу:

Трудности за повторното натурализиране на речния отток в сложна система от водоеми на месечна база. При свръх експлоатация на водоносни хоризонти тези фракции трябва да бъдат премахнати от RWR . Значителни закъснения при прехвърлянето на подпочвените води към наблюдаваните на повърхността води. В случай, че част от водата, съхранявана в изкуствените водохранилища идва от прехвърляне или от инсталация за обезсоляване, тогава ΔS_{art} трябва да бъде внимателно обмислен и коригиран за ефекта от тези алтернативни водни ресурси. Годишният воден бюджет може да бъде посочен като: $P = ET + R + I + \Delta S$,

Където: P = валежи (mm / година); ET = Евапотранспирация (mm / година)

R = отток (mm / година); I = инфилтрация (mm / година); ΔS = Промяна в съхранението на подземните води (взети като нула) (mm / година)

ГЛАВА 4. ПИЛОТНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ХИДРОЛОЖКИ МЕТОД ЗА РЕСУРСНИ ОЦЕНКИ

Настоящата глава е посветена на хидроложкия метод и използването му като технологичен и аналитичен инструмент за определяне на ресурсни характеристики за нуждите на комплексното и устойчиво управление на водите у нас.

4.1 Използван методичен подход в дисертационния труд при отчитане на настъпилите промени в режима на реките и информационната база

В практиката се използват главно регресионни зависимости от типа:

1. $Q_o = f(H_{сп})$ – връзка между оттока и средната надморска височина

2. $Q_o = f(F)$ – връзка между оттока и площта на водосбора

В дисертационният труд се работи с регистрирани водни кол-ва за период след 1981 г.

4.2 Избор на пилотен район

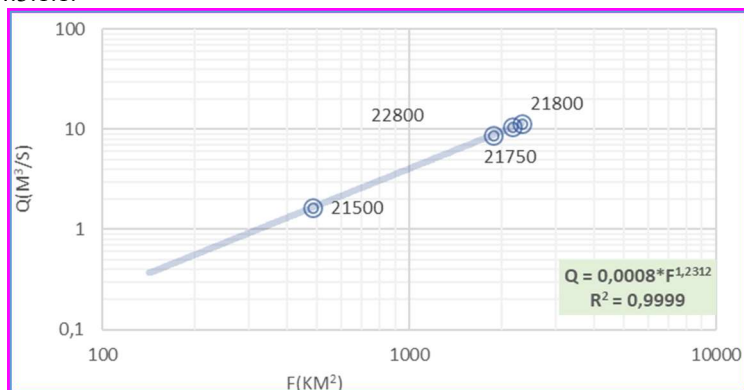
Пилотната област за приложение на хидроложкия метод в този дисертационен труд е районът на реките западно от поречие Искър, принадлежащи към водосбора на р. Дунав. Обект на това изследване са също регионализация и ресурсни оценки за 10% от средномногогодишното водно количество в точката на всяко съоръжение за регулиране на оттока или за водовземане и на минималното средномесечно количество при 95% обезпеченост. В поречието съществуват 5 хидрометрични станции със

значителен период на наблюдение. Една от задачите на тази разработка е експерименталното приложение на воднобалансовия метод за ресурсни оценки и сравнение с резултатите получени чрез хидроложкия метод за избрано пилотно поречие, на което е посветена петата глава. Информация за споменатото пилотно поречие и приложението на хидроложкия метод е изложена тук, защото в настоящата четвърта глава се дискутира именно приложението на този метод. Изборът на пилотното поречие е реализиран предвид следните изисквания: средна за страната площ на водосбора / 3 - 5 хил. кв. км/, разнообразен релеф, равнинен, хълмист, планински, наличие на значими потребители, чисто влияние върху водния баланс на годишна база не може да бъде пренебрегнато, наличие на базови хидрометеорологични наблюдения със значителна продължителност. Съобразно тези изисквания за целите на настоящето изследване е избрано пилотно поречие Вит с площ на водосбора 3227 кв. км. което е между поречията Искър и Осъм.

4.3 Ресурсни оценки на годишния речен отток – чрез регионализация

4.3.1 Регионализация за средногодишни ресурсни оценки на оттока на р. Вит

В представеното изследване се определя ресурса на повърхностни води, генериран от цялата площ на поречие Вит. Като работен е приет периодът на наблюдение 1981-2019 г., за който са ползвани редиците на средно годишния отток. Използвани са данните от следните хидрометрични станции: 21500 – р. Каменица при с. Бежаново; 21750 – р. Вит при с. Крушовица/Садовец; 21800 – р. Вит при с. Дисевица; 22800 – р. Осъм при с. Изгрев, показани на фиг. 4.3.1.1.



Фиг. 4.3.1.1 Регресионна регионална зависимост водно количество – площ на водосбора за р. Вит..

Определените с тази зависимост годишни водни количества, които се ползват при балансовото уравнение в пета глава са дадени в таблица 4.3.1.1.

Таблица 4.3.1.1 Ресурсна таблица за определяне на средногодишни ресурси по поречия

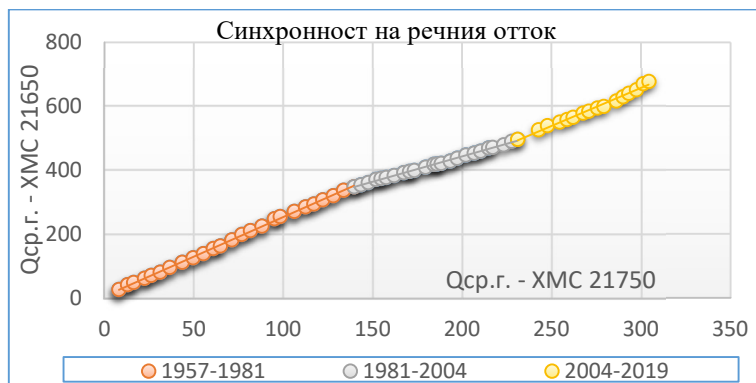
Поречие	Водосбор	Площ-устие	2015 г./ [m ³ /s]	2016 г./ [m ³ /s]	2017 г./ [m ³ /s]
Вит	До Дунав	3227 [km ²]	21,910	18,776	22,058

4.3.2 Хидроложки анализ на използваната информация – поречие Вит

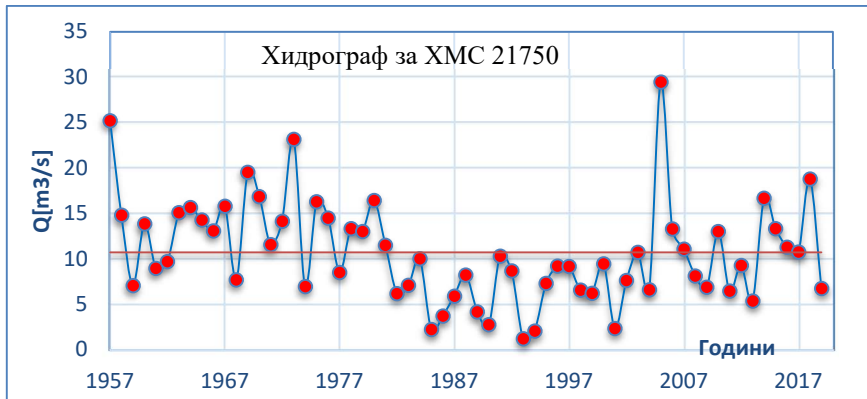
Таблица 4.3.2.1 Корелационна матрица на редиците на годишния отток в поречие Вит

ХМС, река, пункт	21800	21750	21650	21500	21350
21800 Вит - с. Дисевица	1	0,97	0,79	0,90	0,76
21750 Вит - с. Крушовица	0,97	1	0,82	0,89	0,80
21650 Бели Вит- Тетевен	0,79	0,81	1	0,58	0,92
21500 Каменица - с. Бежаново	0,90	0,89	0,58	1	0,62
21350 Черни Вит - с. Черни Вит	0,76	0,80	0,92	0,63	1

Коефициенти на корелация над 0,9 реализират двете високопланински станции на притоците Бели и Черни Вит и също така станциите в средната и долна част на поречието, разположени на главната река при с. Дисевица и с. Крушовица/Садовец.

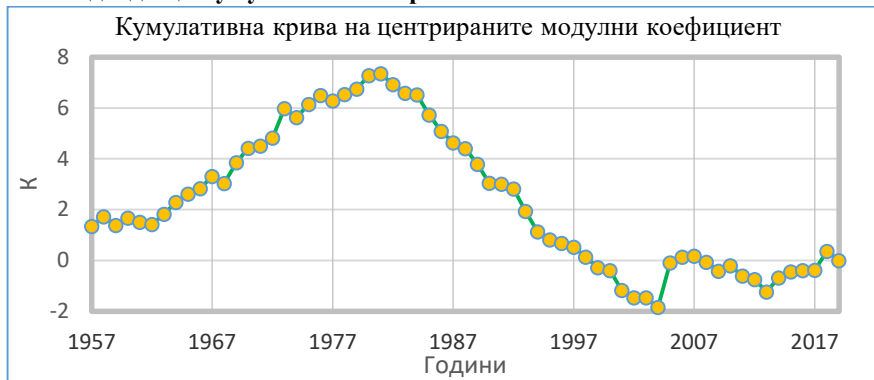


Фиг. 4.3.2.1 Проверка синхронността на речния отток в съседни станции.



Фиг.4.3.2.2 Хидрограф на средногодишните водни количества за ХМС 21750 – р. Вит, с. Крушовица

Разгледани са съвместно хидрографа и кумулативната крива показани на фиг. 4.3.2.2 и фиг. 4.3.2.3. Доколкото редицата от годишните стойности на речния отток е една случайна редица, хидрографът я представя като начупена линия и за визуализацията на климатичните периоди с по-висока или ниска водност е **по-подходяща кумулативната крива.**



Фиг.4.3.2.3 Кумулативна крива на центрираните модулни коефициенти на средногодишния речен отток на ХМС 21750 при с. Крушовица -р. Вит.



Фиг. 4.3.2.4 Модулните коефициенти на отклонение на средногодишните водни количества в поречието на р. Вит

Могат да се ползват два вида графики на модулните коефициенти на изследваните хидроложки станции фиг. 4.3.2.4, които показват времевите колебания на модулните коефициенти на годишните средни водни количества. Проверка на графиката – станциите показват относителна синхронност в колебанията около средната стойност.



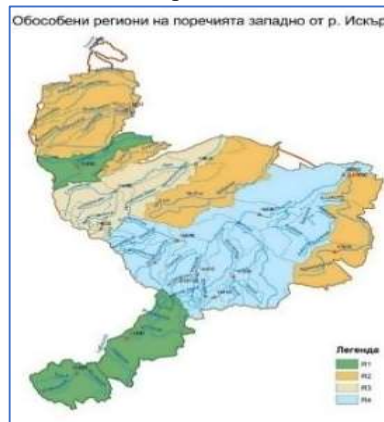
Фиг. 4.3.2.5 Статистически граници на отклонение на модулните коефициенти на средногодишните водни количества в ХМС 21750 - с. Крушовица в поречието на р. Вит

Графиката с времевите колебания на модулните коефициенти спрямо статистическите граници, използвани за групиране по водност на годините в споменатите три категории е създадена само за хидроложката редица на ХМС 21750 на р. Вит при с. Крушовица/Садовец, разположена в средната част на поречието фиг.4.3.2.5.

4.3.3 Хидроложки и орографски особености на пилотния район – реките, западно от Искър

4.3.3.1 Регионализация за средногодишни ресурсни оценки – поречията западно от Искър

След хидроложки анализ на хомогенността на участъците в басейните на поречията западно от р. Искър са идентифицирани 4 отделни хомогенни региони за избрания предварително период, показани на фиг. 4.3.3.1.1. В кривата на “Регион 1” са водосборите на реките южно от Стара Планина и р. Вещицка река /Салашка/. Реките, на които изворите са в предпланинската част, с относително малка надморска височина оформят кривата на “Регион 2”. Третата крива - “Регион 3”, се отнася изцяло за река Лом. “Регион 4” обхваща р. Огоста и всички нейни притоци.



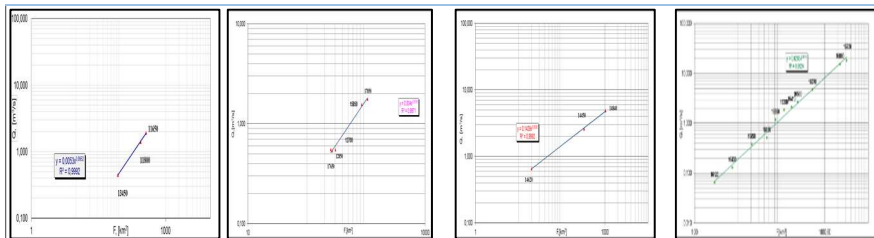
Фиг. 4.3.3.1.1 Обособените региони на поречия западно от р. Искър

4.3.3.2 Използвана информация и регресионни зависимости

Регион 1. Реки с водосбори южно от Стара Планина и р. Вещицка; Регион 2. Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини; Регион 3. Река Лом; Регион 4. Река Огоста и нейните притоци

Таблица 4.3.3.2.1 Регионални зависимости и регресионни уравнения на обособените региони в поречия западно от р. Искър

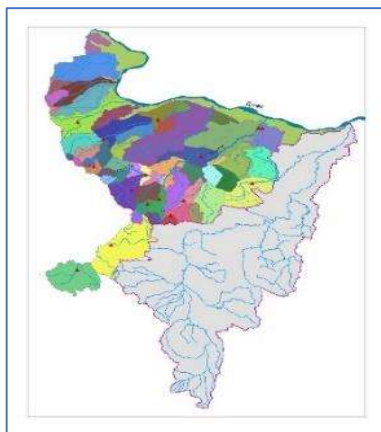
Регион	Регресионно ур-ние	R ²
Регион 1 – Южно от Стара Планина	$Q_{\text{пор}} = 0,0053 * F^{0,9952}$	0,99
Регион 2 – Предпланинската част	$Q_{\text{пор}} = 0,004 * F^{0,8791}$	0,98
Регион 3 – Река Лом	$Q_{\text{пор}} = 0,1429 * F^{0,5056}$	0,99
Регион 4 – Река Огоста и нейните притоци	$Q_{\text{пор}} = 0,0288 * F^{0,818}$	0,99



Регресионни зависимости за: Регион 1; Регион 2; Регион 3 и Регион 4 в поречия на реки, западно от р. Искър

4.4 Определяне на средногодишни ресурси по поречия и водни тела – западно от Искър

Водните количества са определени към долната граница на всяко водно тяло. Разположението на водните тела в пилотния регион е показано на фигура 4.4.1.



Фиг. 4.4.1. Водни тела в поречията западно от р. Искър (предоставени от МОСВ)

Таблица 4.4.2 Ресурсна таблица за определяне на средногодишни ресурси по поречия [m^3/s]

Поречие	Водосбор	Площ- устие [km^2]	2015	2016	2017
Нишава	Ерма до граница част в БГ	523,00	3,818	2,887	1,560
Тимок	БГ територия	130,80	0,742	0,349	0,394
Тополовец	До Дунав	560,00	2,649	1,010	1,336

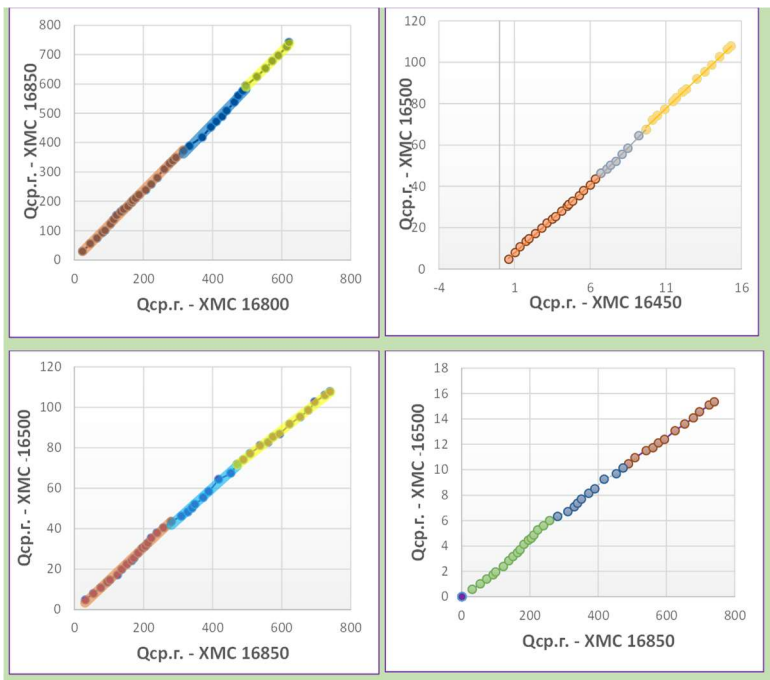
Войнишка	До Дунав	276,00	1,401	1,680	0,725
Видбол	До Дунав	330,00	1,663	1,914	0,854
Арчар	До Дунав	370,00	3,239	3,129	1,953
Скомля	До Дунав	160,00	0,882	1,129	0,465
Лом	До Дунав	1200,00	9,526	10,132	6,253
Цибрица	До Дунав	920,00	2,949	1,627	2,444
Огоста	р. Огоста до вливане на р. Скът	3177,89	29,609	26,115	18,174

4.5 Хидроложки анализ на използваната информация – поречие Огоста

Таблица 4.5.1 Корелационна матрица на редиците на годишния отток в поречие Огоста

ХМС, река, пункт	16150	16380	16410	16450	16500	16670	16800	16850
16150 Берковска река-кв. Беговица	1	0.87	0.92	0.88	0.81	0.88	0.84	0.78
16380 Дългод. Огоста-с. Говежда	0.87	1	0.88	0.88	0.85	0.91	0.86	0.74
16410 Бързия - м. Балабаница	0.92	0.88	1	0.88	0.84	0.89	0.92	0.87
16450 Ботуня - Вършец, кв. Заножене	0.88	0.89	0.88	1	0.93	0.90	0.84	0.73
16500 Ботуня - с. Стояново	0.81	0.85	0.84	0.93	1	0.83	0.84	0.70
16670 Огоста - с. Гаврил Геново	0.88	0.91	0.89	0.90	0.83	1	0.86	0.76
16800 Огоста - с. Кобиляк	0.84	0.86	0.92	0.84	0.84	0.86	1	0.88
16850 Огоста - Мизия	0.78	0.74	0.87	0.73	0.70	0.76	0.88	1

Проверка синхронността на речния отток в съседни станции **16850 – 16800** и **16500 – 16450**. Проверка синхронността на речния отток в станции, повлияни от експлоатацията на яз. Огоста, и такива които не са повлияни от язовира **16850 – 16500** и съответно **16850** и **16450**.

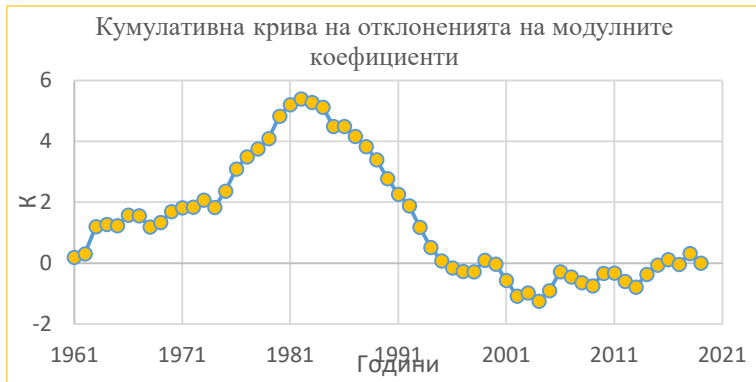


Фиг. 4.5.1 Проверка синхронността на речния отток в съседни станции с и без влияние на яз. Огоста

Разгледани са съвместно хидрографа и кумулативната крива показани на фиг. 4.5.2 и фиг. 4.5.3.

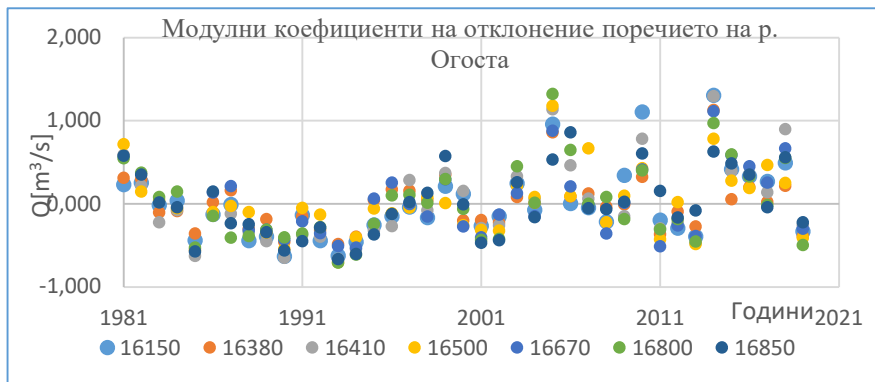


Фиг. 4.5.2 Хидрограф на средногодишните водни количества за ХМС 16850 на р. Огоста при гр. Мизия

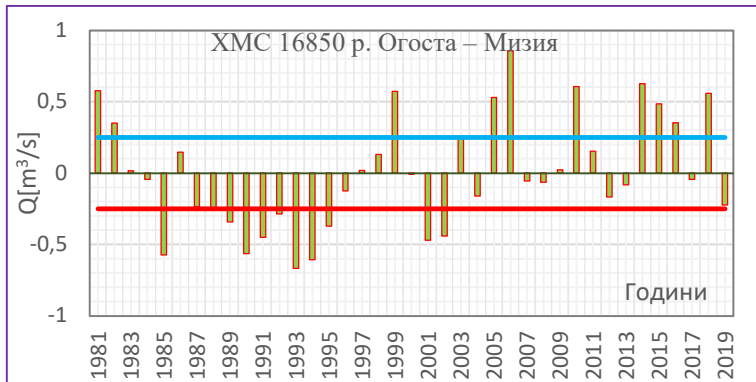


Фиг. 4.5.3 Кумулативна крива на центрираните модулни коефициенти на средногодишния речен отток на ХМС 16850 на р. Огоста при гр. Мизия.

Заклучение от анализа на показаните фигури показва, че референтния период 1981 – 2019 г включва периоди на засушаване – в началото на 90-те години, така и периоди на висока водност, каквито са наблюдавани след 2005 г. В този смисъл може да се направи заключение, че ползваният референтен период е представителен, включващ климатичното разнообразие на региона. Помагало в това отношение са два вида графики на модулните коефициенти на изследваните хидроложки станции фиг. 4.5.4. Първата графика показва времевите колебания на модулните коефициенти на годишните средни водни количества.



Фиг. 4.5.4 Модулните коефициенти на отклонение на средногодишните водни количества в ХМС в поречието на р. Огоста



Фиг. 4.5.5 Статистически граници на отклонение на модулните коефициенти на средногодишните водни количества в

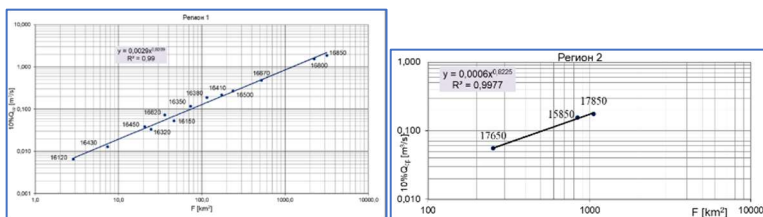
Графиката с времевите колебания на модулните коефициенти спрямо статистическите граници използвани за групиране по водност на годините в споменатите три категории е създадена само за хидроложката редица на затварящия створ на р. Огоста – ХМС 16850 при гр. Мизия фиг.4.4.5.

4.6 Използване на хидроложкия регионализационен ресурсен подход и за други решения, свързани с използването на водите

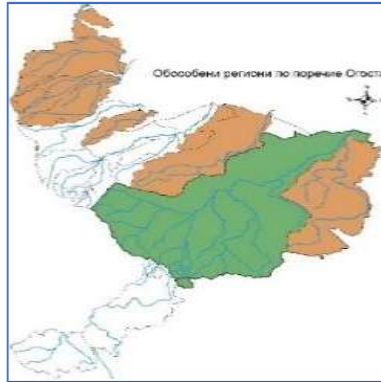
Приложен е пример как може да бъде използван определения ресурс на повърхностни води чрез регионализационен подход и при решаване на други задачи, като например определяне на минимален отток като функция на средногодишното водно количество.

4.6.1 Поречие Огоста

Определени са следните хомогенни региони: *Регион 1*. Река Огоста и нейните притоци. *Регион 2*. Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини.



Регионална зависимост за Региони 1 и 2 за поречие Огоста



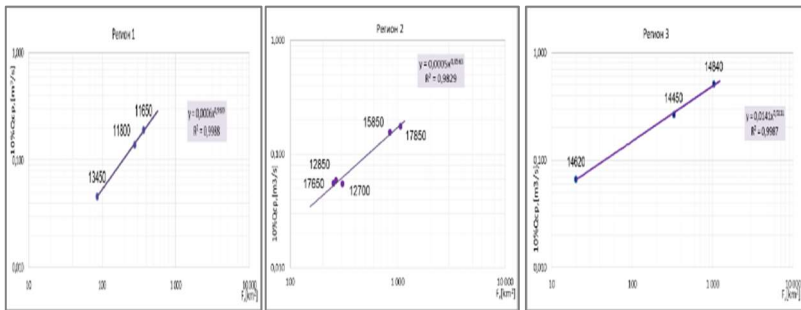
Фиг.4.6.1.3.4 Обособени региони по поречието Огоста

Таблица 4.6.1 Регионални зависимости и регресионни уравнения на обособени региони в поречието Огоста:

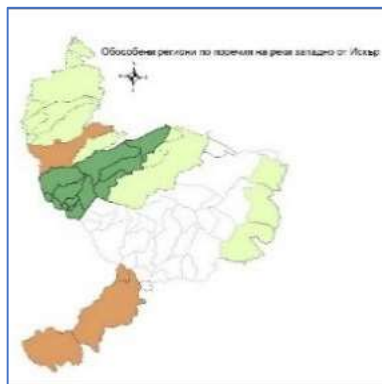
Региони	Регресионно уравнение	R ²
Регион 1 – Река Огоста и нейните притоци	$Q_{cp} = 0,0029 * F^{0,8209}$	0,99
Регион 2 – Река Скът и Цибрица	$Q_{cp} = 0,0005 * F^{0,8563}$	0,99

4.6.2 Поречия на реки западно от Огоста

Определени са следните хомогенни региони: *Регион 1*. Реки с водосбори южно от Стара Планина и р. Вещица (Салашка) и притоци им. *Регион 2*. Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини. *Регион 3*. Река Лом.



Регионална зависимост за Региони 1,2 и 3 за поречия на реки западно от р. Огоста



Фиг. 4.6.2.5 Обособени региони по поречия на реки западно от Искър

Таблица 4.6.2.1 Регионални зависимости и регресионни уравнения на обособените региони в поречия на реки западно от Огоста

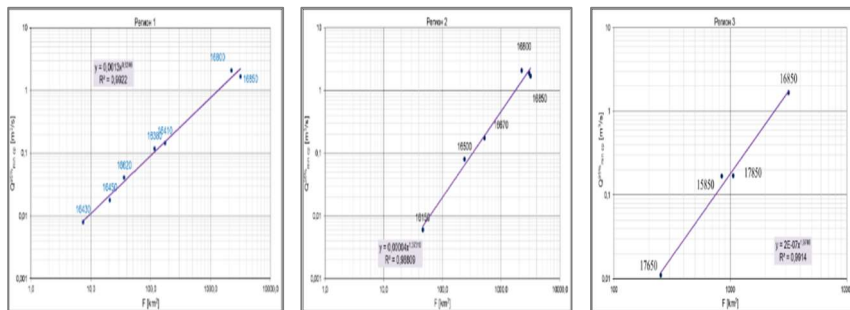
Региони	Регресионно уравнение	R ²
Регион 1 – Реки с водосбори южно от Стара Планина и р. Вещица (Салашка) и притоци им.	$Q_{cp} = 0,0006 * F^{0,9689}$	0,9988
Регион 2 – Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини.	$Q_{cp} = 0,0005 * F^{0,8563}$	0,9829
Регион 3 – Река Лом	$Q_{cp} = 0,0141 * F^{0,5131}$	0,9987

4.7. Сравнение и оценка при използване на минималното средномесечно количество при 95% обезпеченост на оттока за същите пилотни водосбори.

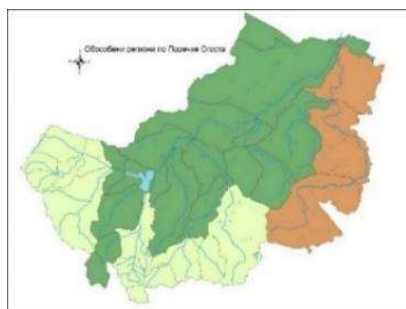
4.7.1 Оценка на минималните средномесечни водни количества с 95% обезпеченост в точките на всяко съоръжение за регулиране на оттока или за водоземане в Поречие Огоста

4.7.1.1. Хидроложки анализ

Определените са следните хомогенни региони: *Регион 1.* Река Огоста (Фиг.4.7.1.1.1). *Регион 2.* Река Огоста и нейните притоци. (Фиг. 4.7.1.1.2). *Регион 3.* Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини.



Регионална зависимост за Региони 1,2 и 3.в поречието Огоста



Фиг. 4.7.1.1.4 Обособени региони по Поречието Огоста

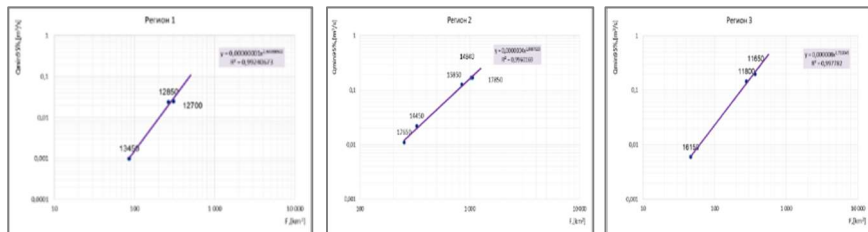
Таблица. 4.7.1.1.1 Регионални зависимости и регресионни уравнения на обособените региони в Поречието Огоста:

Региони	Регресионно уравнение	R ²
Регион 1 – Река Огоста	$Q = 0,0013 * F^{0,9246}$	0,99
Регион 2 – Река Огоста и нейните притоци	$Q = 0,00004 * F^{1,37310}$	0,98
Регион 3 – Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини	$Q = 0,0000002 * F^{1,9746}$	0,99

4.7.2 Поречия на реки западно от Огоста

Определените са следните хомогенни региони: *Регион 1*. Предпланинската част, с относително малка надморска височина и водосбори изцяло или в по-голямата си част равнини и р. Вещица (Салашка) и притоци им. *Регион 2*. Река Лом, Цибрица, Скът. *Регион 3*. Реки с водосбори южно от Стара

Планина. *Регион 4*. В него влиза само една станция, като минимално средномесечното водно количество с 95% обезпеченост се определя, чрез трансфер на модула на оттока спрямо ХМС 14620 /Лом(Бърза река)- с. Горни Лом/.



Регионална зависимост за Региони 1,2 и 3 в поречия на реки западно от р. Огоста



Фиг.4.7.2.5 Обособени региони по поречия на реки западно от Огоста

Таблица 4.7.2.1. Регионални зависимости и регресионни уравнения на обособените региони в поречия на реки западно от Огоста:

Регион	Регресионно уравнение	R ²
Регион 1 – Предпланинската част	$Q_{\min} = 0,00000001 * F^{2,6443}$	0,99
Регион 2 – Река Лом, Цибрица, Скът	$Q_{\min} = 0,00000004 * F^{1,8887}$	0,99
Регион 3 – Реки с водосбори южно от Стара Планина	$Q_{\min} = 0,0000008 * F^{1,72204}$	0,99
Регион 4 – Лом(Бърза река)- с. Горни Лом	По MQ	-

ГЛАВА 5 ПИЛОТНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВОДНОБАЛАНСОВИЯ МЕТОД ЗА РЕСУРСНИ ОЦЕНКИ

5.1 Воден баланс и уравнение на баланса

Задачата е решена на примера на река Вит до вливането ѝ в р. Дунав с използване на годишни наблюдения за 2015, 2016 и 2017 г. В случая, когато се разглежда конкретно поречие – Вит, неговата специфика и когато периодът, за който се съставя водния баланс е година, уравнението предвид споменатата дефиниция може да бъде изразено по следния начин:

$$\text{INPUTS} = \text{OUTPUTS} \pm \Delta S;$$

$$\text{INPUTS} = P \pm \text{ExIn} + \text{RET}$$

$$\text{OUTPUTS} = \text{Eta} + \text{Outflow} + \text{ABS}$$

Разглеждайки проблема за количествена оценка на водните ресурси се тръгват от хипотезата за речен отток при отсъствие на антропогенно въздействие и се преобразува балансовото уравнение като:

$$\text{ExIn} + P - \text{Eta} - \Delta S = \text{Qnat} = \text{RWR}$$

Въвежда се понятието „възобновяем воден ресурс – RWR“ и в реални условия със значимо антропогенно въздействие той може да бъде определен с лявата или дясна част на уравнението в двата варианта:

1. $\text{RWR} = \text{ExIn} + P - \text{Eta} - \Delta \text{Snat}$

2. $\text{RWR} = \text{Outflow} + (\text{ABS} - \text{RET}) - \Delta \text{Sart}$

В случая ΔS е разделено на две компоненти, едната ΔSnat – предизвикана от естествени фактори, другата ΔSart – предизвикана от антропогенни такива.

5.2. Пилотен обект - Вит

Тук е приложен воднобалансовия подход за оценка на повърхностните води и е сравнен с резултатите от хидроложкия подход. Избрани са два подбасейна в поречие Вит, където има преки наблюдения на речната приточност. Единият е водосборния район на яз. Сопот в горната част на поречието - фиг. 5.2.1 и в таблица 5.2.1. Вторият е басейнът на р. Вит до ХМС при село Дисевица. На фиг. 5.2.1 са показани още два важни обекта. Единият е водохващане Боаза от където водите на яз. Сопот се прехвърлят към яз. Горни Дъбник. Вторият е *пonorът* в землището на с. Гложене, от където се прехвърлят значителни количества вода към изворите на р. Панега.



Фиг. 5.2.1 Разположение на разглежданите под-водосбори в поречиe Вит

Таблица 5.2.1 Основни хидрографски характеристики за под-водосбори

Показател	Вит-устие	Дисевица	Сопот	Лесидренска
Площ [km ²]	3227	2332	76	80,14
Средна надм. вис.[m]	22	489	510,78	345

5.3. Потребление

5.3.1 Информация от Басейнова дирекция - БД

Информацията за различните потребители е обединена в Таблица 5.3.1 спрямо целите на водоползване и е показана на фиг. 5.3.1.1



Фиг.5.3.1.1 Разположение на регистрираните потребители, спрямо целите на водоползване в поречиe Вит.

Таблица 5.3.1.1 Регистрирани потребители групирани по целите, годишни лимити.

Потребители, чието влияние върху годишния воден баланс може да бъде пренебрегнато	Годишен лимит на ползване на води [10 ⁶ m ³]	Брой в групата
Аквакултури	6,659	20
ВЕЦ	1550,	35
Напояване	19,196	26
Промишлено водоснабдяване	57,089	15
Питейно битово водоснабдяване	3,200	3
Други	7,667	20

Таблица 5.3.1.2 Информация за декларираното потребление по групи на БД [10³.m³]

Цели на водоползване	2015	2016	2017	Лимит
питейно - битово водоснабдяване	61	211	171	3200
водоснабдяване за напояване	1399	1886	4843	19196
водоснабдяване за аквакултури	835	835	835	6659
промишлено водоснабдяване вкл. охлаждане	1392	1561	1333	57089
водоснабдяване за други цели	5,9	4,6	0,0	7667
води за производство на ел. енергия	189834	172764	137707	1550000

До колкото потребените води от по-малките потребители се ползват за втори и трети път от други потребители надолу по поречието, показаните в таблица 5.3.1.1 годишни лимити могат да се използват само като ориентир за мащабите на потреблението.

5.3.2 Информация от Напоителни системи АД – НС

Съществуват и три значими язовира: Сопот, Телиш и Горни Дъбник, които се управляват от НС. Общият им обем е около 200 млн. м³, представляват около 35% от общия обем на речния отток на Вит .

Таблица 5.3.2.1 Основни параметри на значимите язовири в поречие Вит.

Показател / язовир	Сопот	Телиш	Горни Дъбник
Общ обем [10^6m^3]	61,80	17,50	130
Кота корона [m]	319	221	174,5
Река	Калник	Горнодъбнишка бара	Дъбнишка бара
Предназначение	напояване	напояване	напояване



Фиг. 5.3.2.1 Водостопанска схема на поречие Вит

Таблица 5.3.2.2 Баланс на водните маси на яз. Сопот за 2015 година със завирен обем към 30.12.2014 г. $48950 \times 10^3 \text{m}^3$

Месец	Приток $\text{m}^3 \times 10^3$	Разход (10^3m^3)						Зав. обем $\text{m}^3 \times 10^3$	КВН М
		напояв.	екол.	изт. ОИ	зав,яз	загуби от изпар.	общ р-д		
I	1760		500		5621	278	6399	44311	362,14
II	2902		500		2163	365	3028	44185	362,10
III	3160		500		938	607	2045	45300	362,36
IV	3875		500		1740	760	3000	46175	362,55
V	6052		500		1367	860	2727	49500	363,20
VI	3086	3	500		2255	828	3586	49000	363,10
VII	3103	24	500		4675	1359	6558	45545	362,41
VIII	405	12	500		6685	1273	8470	37480	360,57
IX	1020	10	500		9684	966	11160	27340	357,95

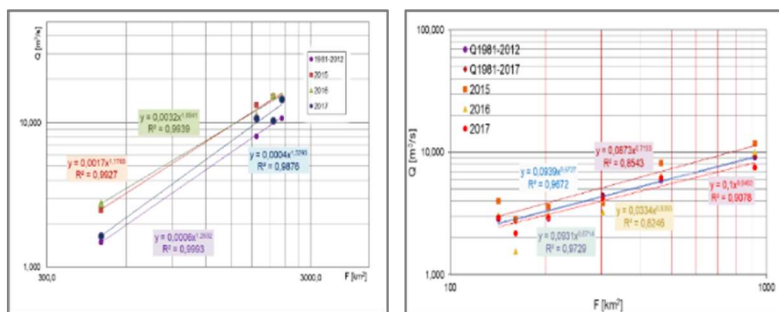
X	2863		500		4730	523	5753	24450	357,10
XI	991		500			281	781	24660	357,16
XII	1310		500			250	750	25220	357,32
ОБЩО	30527	49	6000	0	39858	8350	54257		

В таблицата по-долу са показани изчислените стойности на водните обеми, които ще бъдат използвани при създаването на водния баланс.

Таблица 5.3.2.3 Информация за експлоатацията на язовирите [10^3m^3]

Показател / година	2015	2016	2017
Подадени обеми за напояване	2187	8207	4435
Фактурирани обеми	1376	1862	867
Загуби от изпарение яз. Сопот, Телиш, Г.Дъбник	24695	24867	20380
Изменение на обема в трите язовира през годината, $\pm \Delta S$	-24617	-22666	6755

Ползвайки тази информация може да се оцени порядъка на антропогенното въздействие за два под-водосбора в поречието: водосбора на яз. Сопот и водосбора на р. Вит до ХМС Дисевица. За оценка на генерирания от тях речен отток е използван *хидроложкия метод*. Статистическите връзки са с много висок коефициент на корелация над 0,95 и са сходни в тенденциите си, което показва устойчивост на получените резултати.



Регресионни зависимости за оценката на под-водосбор Дисевица и Сопот

Ресурсните оценки, определени с тези зависимости са посочени във втората колона на Таблица 5.3.2.4 като годишни водни обеми. Загубите от изпарение на трите язовира и използваните води за напояване са дадени в таблица

5.3.2.3. Резултатите от извършените изчисления са показани в последната колона на таблица 5.3.2.4.

Таблица 5.3.2.4 Оценка на годишните ресурси за под-водосбори за 2015 – 2017 г.

Под-водосбор	Година	Хидроложки метод [млн.м ³]	Воднобалансов метод [млн. м ³]
Сопот	2015	60,904	30,527
	2016	39,573	54,108
	2017	52,157	47,132
Дисевица	2015	492,321	484,003
	2016	488,033	510,595
	2017	377,937	480,246

Голямата разлика между балансовата и хидроложката оценка на 2015 г., може да бъде единствено за сметка на работата на деривация Лесидренска.

5.3.3 Информация от Националния статистически институт - НСИ

Таблица 5.3.3.1 Информация на НСИ за ползваните водни обеми през 2015 г. в поречие Вит [хил.м³]/год.

	Иззети	Повърхностни	Подземни	Отведени	Третиранни
Селско, горско и рибно стоп., напояв.	4297	4297			
в това число НС	3945	3945			
Индустрия, вкл, ВиК	7586	1174	6412		
в т.ч. ВиК - обществено водоснабд.	6997	925	6072		
в т.ч. за охлаждане (ако е вкл.)	-				
Услуги	483	300	183		
Общо за поречие Вит	12365	5770	6595	19476	16365



Фиг. 5.3.3.1 Съпоставка на иззетите и отведени води в поречието Вит за 2015 – 17 г.

Ползвайки събраните до момента материали е направен опит за реконструиране на приведения към естествен речен отток :

$$Q_{nat} = Q_r + V_i - V_o \pm Y + I_y$$

Където, **Q_{nat}** е търсеният естествен ресурс; **Q_r** регистрираният речен отток по данни на НИМХ; **V_i** иззети води по данни на НСИ; **V_o** отведени води от канализация и др.; **I_y** изпарението от язовирните езера в района; **±Y** пренесена от предходната година вода в язовирното езеро. Направените по споменатите съотношения изчисления са показани в таблица 5.3.3.2.

Таблица 5.3.3.2 Изменение в акумулираните обеми на язовирите за 2015 г. [хил.м³]

Показател / язовир	Сопот	Телиш	Г. Дъбник	Общо
Акумулиран обем към 01.01.2015	48950	13660	54917	
Акумулиран обем към 31.12. 2015	25220	9840	57850	
Изменение на акумулирания обем за 2015	-23730	-3820	2933	-24617

Таблица 5.3.3.3 Реконструкция на приведения към естествен речен ресурс за 2015 г.

Q _r Рег.отток при Вит, Дисевица	458344
V _i Иззети води	12365
V _o Отведени води	19476
±Y Преноса със знак "-"	24617
I _y Изпарение	24695
Q_{при,ест.} естествен ресурс [10³м³]	451311

Таблица 5.3.3.4 Резюмирана информация на НСИ за потреблението за 2015 – 2018 г.

Показател, ползвал обем за година [10^3m^3]	2015	2016	2017
Селско, горско и рибно стопанство, вкл. Напояване	4297	11694	8478
в това число Напоителни системи	3946	11343	7526
Индустрия, вкл. ВиК	7586	10986	8244
в т.ч. ВиК - обществено водоснабдяване	6997	10048	7879
Услуги	483	94	496

Извод: Приема се, че справката, подадена от БД и НС е сходна и се базира на водите ползвани от язовирите. Следва да се отбележи се, че информацията за напояването с повърхностни води на НСИ надвишава значително тази на НС и БД, защото е базирана на водоземане от язовирите и директно от речната мрежа и се ползва в балансвите пресмятания като достоверна.

5.3.4 Информация от ВиК Плевен

Съгласно Бизнес план на “В и К” ЕООД – гр. Плевен, производството на вода: при годишно водоподаване около 30 млн. m^3 , около 60 % са закупени от “В и К” – Ловеч. За прехвърлените води към поречие Вит от съседно поречие чрез Водоснабдителна група „Черни Осъм“ може да се съди от Таблица 5.3.4.1 /по данни от Бизнес план на “В и К” ЕООД гр. Плевен/.

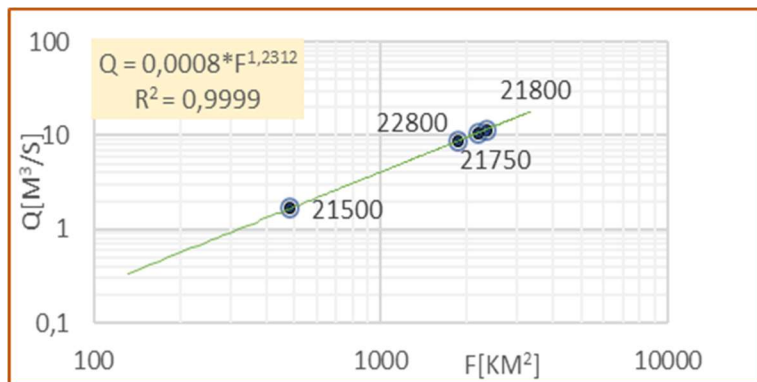
Таблица 5.3.4.1 Доставка на вода за потребители на ВиК Плевен [хил. m^3 /год.]

I.	Доставяне на вода на потребители	2007 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1	Количества вода на входа на ВС	30 358	28 500	26 900	25 900	25 100	24 500
1.1	вода от местни водоизточници	12 740	12 200	12 000	11 800	11 500	11 200
1.2	вода от друг ВиК оператор/доставчик	17 618	16 300	14 900	14 100	13 600	13 300

5.4 Компоненти на баланса.

5.4.1 Речен отток

Тук се споменава конкретната зависимост използвана за оценка на оттока, генериран от поречие Вит. Формата и отгокообразуващите характеристики на поречието на р. Вит и на р. Осъм са сходни, за изследване ресурса на двете поречия са използвани данните от хидрометричните станции на двата водосбора.



Фиг. 5.4.1.1 Регресионна регионална зависимост водно количество – площ на водосбора.

Таблица 5.4.1.1 Годишна оценка на оттока на поречие Вит за 2015 – 2017 г.

Показател / година	2015	2016	2017
Поречие Вит годишен обем на оттока [10^3m^3]	560237	592115	695614

Хидроложка оценка на водите прехвърляни към р. Панега. В горната част на поречието има карстови зони на разкритие в землището на с. Гложене, които подхранват изворите на р. Панега в поречие Искър. Направените хидрометрични измервания от екипи на НИМХ в този район в края на 2018 г., показват, че при Понора в махала Асен на селото се губят $1,07\text{m}^3/\text{s}$.



Фиг.5.4.1.2 Понор в махала Асен

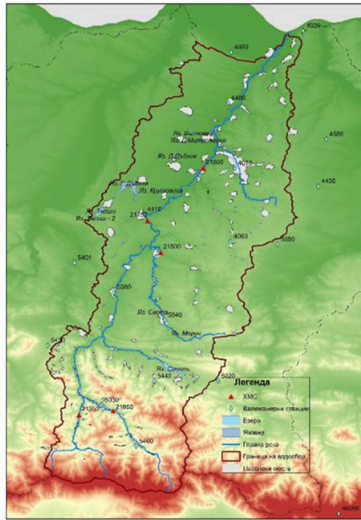
5.4.2 Валеж

Основен компонент в приходната част от годишния баланс на даден район са валежите. Решени са следните задачи: 1. Определяне на подходящ набор от валежмерни станции; 2. Избор на метод на интерполация; 3. Определяне на допълнителна информация за най-високите части на поречието; 4. Създаване на валежни „гридове“ 5. Определяне на годишните валежни обеми; 6.

Определяне на подходящ набор от валежмерни станции. Използвани са данни за годишните валежни суми за 2015 – 17 от 23 бр. станции разположени на територията на водосбора на р. Вит и в близост с него.

Таблица 5.4.2.1 Валежмерни станции използвани за поречие Вит

Станция	Нас.място	Надм.вис.	1981-2012	2015	2016	2017
04460	Брест	32,55	511,29	538,1	655,1	770,6
04480	Подем	54,2	505	574,8	657,8	773,4
04010	Плевен	154	562	616,6	640,1	798
04580	Славяново	206	522,69	564,9	658	710,8
04430	Пордим	181,84	553	626,8	714	787
05550	Слатина	222,4	555,4	615,5	755,4	765,6
04060	Николаево	310	595,38	610,2	695,3	
04410	Садовец	190	595	677,4	692,2	742,1
05401	Луковит	124,25	557	698,5	629,3	772,2
05080	Дерманци	198	599	731,7	638,7	907,6
05540	Угърчин	273	671,23	748,5	690,4	905,8
05430	Ябланица	441	622,83	806	726	885,8
05030	Тетевен	440,9	899	769,2	938,3	1075,8
05020	Борима	495	761	786,3	894,5	982,3
05440	Лесидрен	402	721,81	767,3	837,7	962,2
05460	Рибарица	563	869	782,8	886,7	984,4
46090	връх Ботев	2396,6	902	1044,2	885,7	919,7
5490	Чифлик	799,6	904	987,8	1036,7	1115
5510	Черни Осъм	605	888	893	1029,7	969,4
5040	Троян	385	767	923,7	829,1	952,9
5010	Ловеч	220	601	750,3	717	745,5
4500	Ореховица	48,49	502	524	599,6	660,6
3040	Кнежа	118,72	539	696,3	673,4	687,9

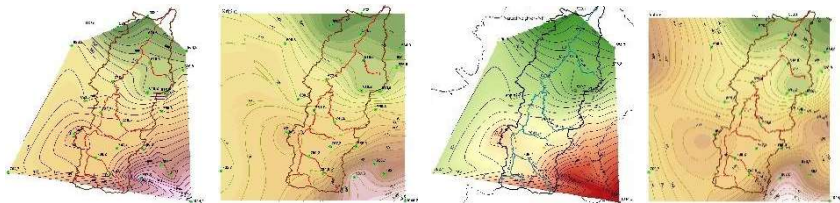


Фиг.5.4.2.1 Разположение на избраните валежомерни и хидрометрични станции.

За да бъдат осветени границите на водосборната област и да бъде избегната екстраполация на данни по границата са избрани също така станции от съседни водосбори.

Избор на метод на интерполация

За определяне на най-подходящия метод на интерполация са направени опити с петте налични в ArcGIS процедури, като са изчислени гридовете на годишните валежни суми за 2015 г., в област съдържаща изцяло полигона на водосбора на р. Вит. **IDW** - Безспорен проблем на метода е липсата на възможност за получаване на оценки по-високи от максималната наблюдавана, във високите планински райони, където няма наблюдателни станции. **Kriging**. В случая с този метод се постига реалистично описание на полето на валежите и се избягват нежелани резки промени в планинските части както е при IDW и NN.

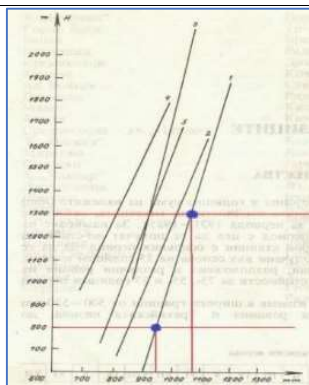


Фиг.5.4.2.2 Резултати от различни интерполационни методи за валежите през 2015 г.

Методът на естествената околност (*NN*) – Тук методът произвежда значителни градиенти в южна посока, защото трябва интерполационната повърхност да мине през всички наблюдения. Направени са експерименти също по метода *Spline* и *Trend*, чийто резултати не бяха задоволителни. Най-подходящ като теоретични възможности и като реализация е *Kriging*.

Определяне на допълнителна информация за най-високите части на поречието с градиентен метод

Поречие Вит се простира от р. Дунав с надморски височини от 39-50 м, до склоновете на Стара планина с надморска височина над 1000 м. Рязкото увеличение на валежа се наблюдава в зоните от 400 – 500 м, и над 1000 – 1200 м.



Фиг. 5.4.2.3 Вертикални градиенти



Фиг. 5.4.2.4 Разпределение на валежомерните станции, тяхната надморска височина и избраните две допълнителни точки във високопланинската част на поречието.

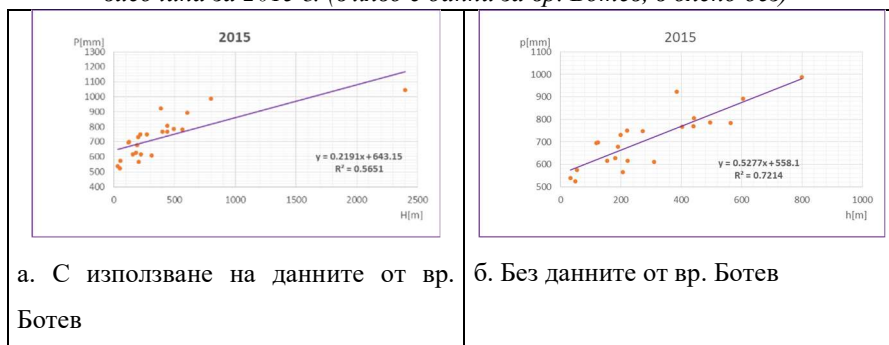
Съгласно горното вертикалният градиент на годишните валежни суми за северните склонове на Стара планина е около 23 мм /100 м. Добавянето на две точки в най-южната и най-висока част на водосбора повишава точността на оценката на падналите валежи. Изборът на местоположение на споменатите допълнителни точки на практика е базиран на анализа на разпределението на валежомерните станции в изследвания район и надморската им височина, както може да се види на приложената фиг. 5.4.2.4. Като опорна станция е избрана тази при с. Рибарица - № 05460 с надморска височина 563 м. Резултатът от линейната интерполация е даден в таблицата.

Таблица 5.4.2.2 Изчисления на градиентни точки

Новите точки по градиента на Колева - Рибарица			
2015 г / [mm]	2016 г / [mm]	2017 г / [mm]	h[m]
1068,2	1172,1	1100,6	1804
1076,5	1180,4	984,4	1840

Изчислените валежни суми за тези две точки се ползват при създаването на гридовете за 2015 – 2017 г, по метода **Kriging**. Интересно е да се види какви са зависимостите между валеж и надморска височина реализирани само от данните, с които се разполага за района на поречие Вит. Ползвана е линейна регресия. Вижда се, че в диапазона 1000 – 2000м. няма наблюдателни станции. Затова зависимостта е построена в два варианта: с и без използване на данните от вр. Ботев.

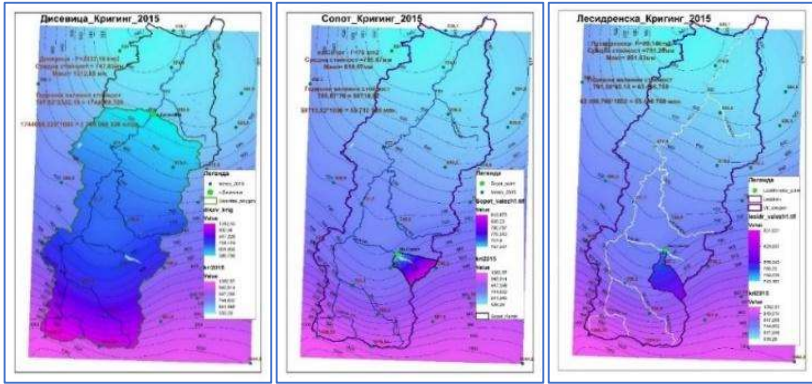
Фиг. 5.4.2.5 Зависимост на годишната сума валежа от надморската височина за 2015 г. (в ляво с данни за вр. Ботев, в дясно без)



Получените резултати за първия вариант на фиг. 5.4.2.5 са много подобни на тези в Климатичен справочник, Валежите в България, 1990 г. и таблица 5.4.2.2. При втория вариант се наблюдават доста по-високи градиенти в средната част на водосбора 400 – 800 м. надморска височина, което може да е резултат на редица фактори, а също на проблеми с измерването на валежа на не защитен от вятъра планински връх. Следва да се подчертае, че резултатите в Таблица 5.4.2.2. са получени от голям брой станции за дълъг период и за целия регион на Стара планина, а оценките показани на фиг. 5.4.2.5 са за конкретна година и за един малък район в средна Стара планина.

Валежни гридове, валежни обеми за водосбори и под-водосбори

Обект на интерес за това изследване са контурите на поречие Вит с площ 3227 км², този на водосбора на р. Вит до ХМС 21800 при с. Дисевица – 2332 км², собственят водосбор на язовир Сопот - 76 км², и на деривация Дисевица - 80,1 км².

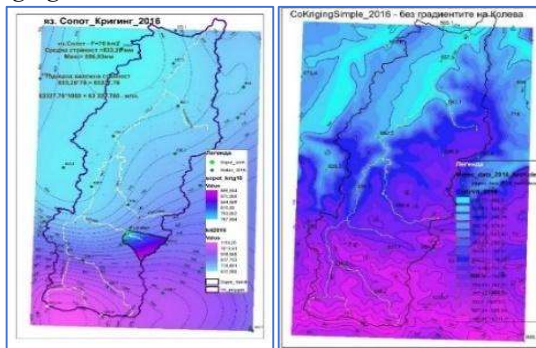


Фиг. 5.4.2.6 Карти на годишните валежни суми за 2015г. на поречието Вит по разглеждани под-водосбори (Десевица, Сопот и Лесидренска)

Таблица 5.4.2.3 Годишни валежни суми и обеми по водосбори по метода Kriging.

Година	Вит водосбор	до Десевица	Лесидренска	яз. Сопот
Годишна валежна сума [mm/m²]				
2015	736	748	791	786
2016	769	779	866	833
2017	848	893	1003	979
Годишен валежен обем [10⁶.m³]				
2015	2 375	1 744	63,4	59,7
2016	2 482	1 816	69,4	63,3
2017	2 736	2083	80,3	74,4

Метод „Co-Kriging“



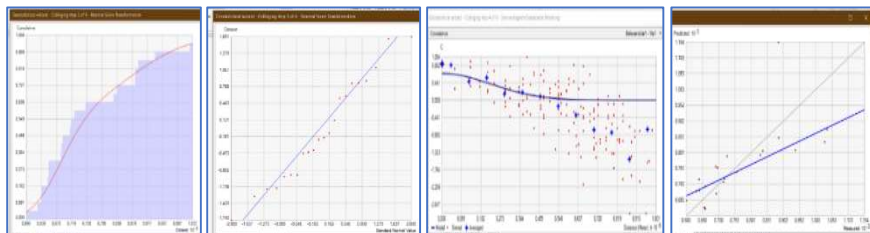
Фиг. 5.4.2.7 Разпределение на годишните валежни суми в поречието Вит с използване на Kriging и Co-Kriging.

Анализът на горната фигура показва съвсем ясно, че при *Kriging* интерполацията е видим само един общ тренд в южна посока. При *Co-Kriging* подобие то на валежа и релефа е много ясно изразено, видима е речната долина и високите части на Стара планина на юг. В този смисъл се приема ***Co-Kriging*** за по-добрият интерполационен метод.

Таблица 5.4.2.4 Оценки на валежа за поречие Вит и под-водосбори за 2016г. при различни варианти на *Kriging* и *Co-Kriging*.

Полигон	мин[mm]	макс[mm]	средно[mm]	Годишна валежна стойност[m³]
Вит- цял водосбор – 3227 км²				
Кригинг с градиенти на Колева	620	1114,26	769,08	2481821,16
Ко-Кригинг без градиенти на Колева- растер 500м	593,72	1111,08	747,95	2413634,65
Ко-Кригинг с градиенти на Колева- растер 500м	616,06	1363,58	775,13	2501344,51
Ко -Кригинг с градиентите на Колева с растер 50м	616,46	1428,32	775,09	2501215,43
Дисевница - 2332км²				
Кригинг с градиенти на Колева	641,42	1110,5	778,78	1816262,928
Ко-Кригинг без градиенти на Колева-растер 500м	620,49	1083,33	771,17	1798514,962
Ко-Кригинг с градиенти на Колева- растер 500м	631,41	1113,18	803,72	1874427,747
Ко -Кригинг с градиентите на Колева с растер 50м	630,35	1362,69	803,16	1873121,72
Лесидренска - 80,14км²				
Кригинг с градиенти на Колева	758,74	946,79	866,17	69414,8638
Ко-Кригинг без градиенти на Колева-растер 500м	737,59	952,89	851,27	68220,7778
Ко-Кригинг с градиенти на Колева- растер 500м	761,47	1060,33	904,48	72485,0272
Ко -Кригинг с градиентите на Колева с растер 50м	750,04	1087,92	901,39	72237,3946
Сопот - 76км²				
Кригинг с градиенти на Колева	767,09	896,93	833,26	63327,76
Ко-Кригинг без градиенти на Колева-растер 500м	739,44	898,14	781,43	59388,68
Ко-Кригинг с градиенти на Колева- растер 500м	764,09	962,97	816,58	62060,08
Ко -Кригинг с градиентите на Колева с растер 50м	751,96	995,97	815,06	61944,56

ArcGIS предлага редица таблични и графични оценки, с помощта на които може да се следи процеса на моделиране и да се променят параметрите, за да се постигне по-висока точност на оценката.



Фиг. 5.4.2.8 Графиките на кумулативната емпирична честота и Нормален квантил-квантил. (Кумулативна честота; Normal QQ-Plot; Вариограма; Кръстосана оценка)

Кръстосана оценка (cross validation) съпътства се с цифрова оценка на средната грешка, средно квадратичната грешка (RMS) и стандартизираната такава (MS), вижда се че RMS и MS са най-ниски при интерполацията по метода Co-Kriging.

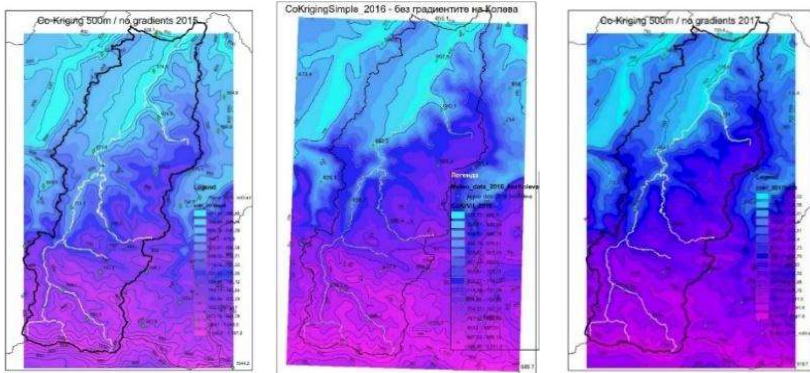
Таблица 5.4.2.5 Кръстосана оценка

	IDW	Kriging	Co-Kriging
Samples	25	25	25
Mean	-5,5	-2,1	-3,6
Root Mean Square	98,8	96,4	93,3
Mean Standardizes		0,008	0,003
Average Stand. Error		120	69,7

Таблица 5.4.2.6 Финална оценка на валежите по метода Co-Kriging

Показател / година	2015	2016	2017
Валежна височина [mm]	728	748	870
Валежен обем [10^3m^3]	2350030	2413635	2806393

Окончателните оценки на валежните височини и обеми са дадени в таблицата.

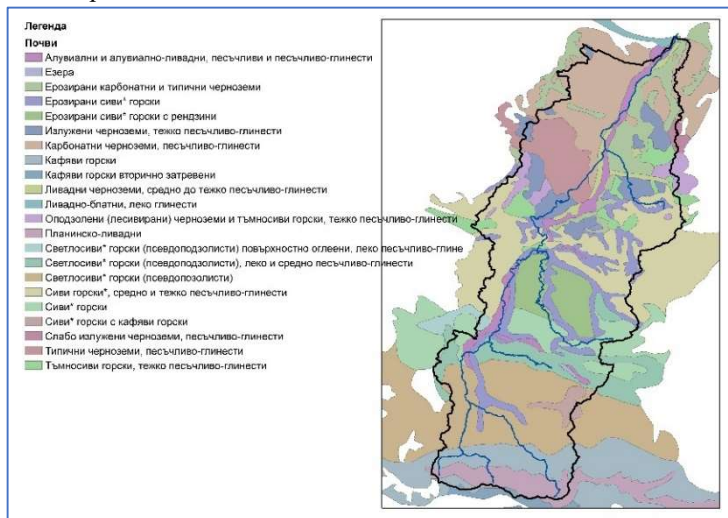


2015 г. средно 728 мм, обем 2350030[10³m³], 2016 г. средно 748 мм, обем 2413635[10³m³], 2017 г. средно 870 мм, обем 2806393[10³m³].

Фиг. 5.4.2.9 Годишни валежи на поречие Вит, интерполирани по метода Co-Kriging без допълнителни градиентни точки във високата планина с използване на генерализиран релеф, валежна сума [mm] и валежен обем [10³m³].

Изменение на обема вода в системата, ± ΔSnat: Почви

В таблицата са показани измерените стойности през януари - съответната година, информацията е на агрометеорологичната мрежа на НИМХ. Разпределението на почвените типове в поречието, показано на фиг. 5.4.11. е по данни на проект ЛСА.



Фиг. 5.4.2.10. Разпределение на почвените типове в поречие Вит.

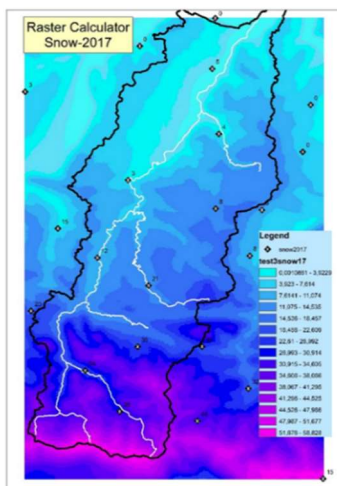
Таблица. 5.4.2.7 Влагозапаси в еднометровия почвен слой през януари 2015 – 2018 г.

	Борима	Николаево	Дерманци	Разлика	Обем ΔS
	mm	mm	mm	ср. [mm]	[10^3m^3]
2015	335	410	338	0	0
2016	335	410	338	-4,333	-10488
2017	327	410	333	-14,333	-34690
2018	330	363	334		

Поради незначителния обем, тази компонента на формиране изменението на обема вода $\pm\Delta S$ в поречието ще бъде пренебрегната в балансовото уравнение.

Снежна покривка

На фигурата по-долу е показана картата съответстваща на началото на 2017 г. получена с Co-Kriging интерполация. Резултатите от извършените пресмятания с използване на плътност на снега 0,3 са показани на таблицата по-долу.



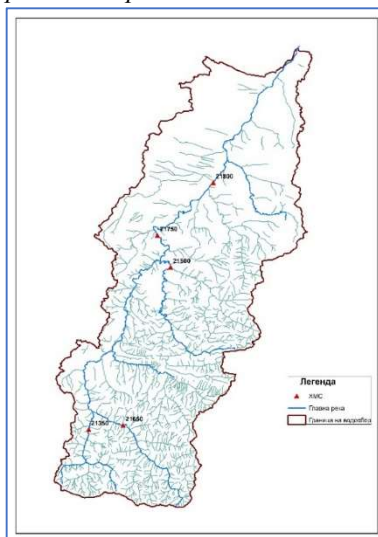
Фиг. 5.4.2.11 Снежна покривка в поречие Вит на 01/01/2017г.

Таблица 5.4.2.8 Обем вода в снежната покривка на р. Вит за януари 2015 – 2018 г.

	01/2015	01/2016	01/2017	01/2018
Сняг средна височина [cm]	18,1	0,7	17,4	1,5
Воден обем [$\text{m}^3 \times 10^3$]	175226	6777	168449	14522
Изменение в обема $\pm\Delta S$ [$\text{m}^3 \times 10^3$]	-168449	161673	-153928	

Общото заключение е, че в снежната покривка могат да бъдат акумулирани значителни водни обеми и изменението в съдържанието вода в системата дължащо се на този фактор трябва да бъде отчетено в балансовото уравнение.

Акумулация на вода в речната мрежа



Фиг. 5.4.2.12 Наблюдавана речна мрежа в поречието Вит

Таблица 5.4.2.9 Наблюдавани водни количества на 1ви януари 2015 – 2018 г.

Река	ХМС	1/01/2015	1/01/2016	1/01/2017	1/01/2018
Черни Вит	21350	3,044	0,835	0,910	3,619
Бели Вит	21650	6,003	0,513	0,357	2,549
Каменица	21500	2,145	0,674	0,698	4,819
Вит-Садовец	21750	10,491	1,460	1,350	8,825
Вит-Дисевица	21800	13,890	5,000	3,000	19,000

Наблюдаваната речна мрежа е разделена на сегменти (показани в таблица 5.4.2.10) за водността, за които се счита за представително измерването в съответната хидрометрична станция.

Таблица 5.4.2.10 Изменение на обемите $\pm\Delta S$ в наблюдаваната речна мрежа [m^3]

Речен участък	Дължина	2015	2016	2017
1. р. Черни Вит до вливането във Вит	25,9	-57	2	70
2. р. Бели Вит до вливането във Вит	23,4	-128	-4	51
3. р. Каменица до вливането във Вит	51	-75	1	210
4. От вливането на Бели и Ч. Вит до вливането на Каменица	49,5	-381	-4	243
5. От вливането на Каменица до първата ХМС на Вит 21750	9	-83	-1	81
6. Между първата ХМС 21750 и втората 21800	24	-215	-25	282
7. Между втората ХМС 21800 и вливането в Дунав	41	-364	-82	656
8. Общо наблюдавана речна мрежа:	225	-1304	-112	1593

Акумулация на вода в язовирите. Изменението на количествата акумулирана вода в язовирите е определено пряко от балансите на трите значими язовира, от информацията за завирените обеми в началото и края на всяка календарна година от изследвания период.

Таблица 5.4.2.11 Изменение на акумулираните количества вода в язовирите [$10^3 m^3$]

Показател / година	2015	2016	2017
Изменение на обема в трите язовира през годината, $\pm \Delta S_{art}$	-24617	-22666	6755

5.5. Балансови и Ресурсни оценки

Пренебрегват се всички видове потребление като: електропроизводство, аквакултури, услуги, битово и промишлено водоснабдяване, считайки, че използваните води се връщат в речната мрежа без загуби, а закъсненията във времето са несъществени предвид едногодишния период на баланса;

Балансово уравнение има вида:

$$1: P + ExIn - Eta - \Delta S_{nat} = RWR = Outflow + (ABS - RET) - \Delta S_{art} : 2$$

В лявата част на уравнението има една голяма неизвестна, евапотранспирация. Ако са определени RWR в дясната част, то може да се изчисли тази неизвестна като: $Eta = P + ExIn - \Delta S_{nat} - RWR$.

Планира се като следваща стъпка в изследването тази неизвестна да бъде изчислена по някоя от познатите емпирични формули с оглед на сравнение и анализ.

Таблица 5.5.1. Балансови и Ресурсни количествени оценки

Компонент / година	2015	2016	2017
1: Отток образуващи фактори $P + ExIn - Eta - \Delta Snat$			
валежи, P	2350030	2413635	2806393
води към/от съседни поречия $ExIn = ExIn1 - ExIn2$	-20740	-20740	-20740
води от ВиК Ловеч - Осъм, $ExIn1$	13000	13000	13000
води към Златна Панега, $- ExIn2$	33740	33740	33740
евапотранспирация, $Eta = P + ExIn - \Delta Snat - RWR$	1944535	1636082	2222957
изменение кол. вода в снежната покривка $\Delta Snat$	-168449	161673	-153928
2: Компоненти на възобновяемия ресурс RWR			
речен отток, $Outflow$	560237	592115	695614
изпарение язовири, НС: $Ия$	24695	24867	20380
изменение акумулацията в язовирите, $\Delta Sart$	-24617	-22666	6755
Вариант 1 за изчисляване на загубите от антропогенното въздействие			
загуби потребление, $ABS - RET = Vu - Vo + Ия$	17584	25691	14255
иззети води НСИ: Vu	12365	22775	17218
отведени води НСИ: Vo	19476	21951	23343
Възобновяем ресурс: $Outflow + (ABS - RET) + Ия - \Delta Sart$	553204	595140	716624
Разлика в %-ти, възобновяем ресурс - речен отток	-1.26	0.51	3.02
Вариант 2 за изчисляване на загубите от антропогенното въздействие			
загуби потребление, $ABS - RET + Ия$	27457	32807	25648
70% води за напояване, $RET -$, НСИ	2762	7940	5268
Възобновяем ресурс: $Outflow + (ABS - RET) + Ия - \Delta Sart$	563077	602256	728017
Разлика в %-ти, възобновяем ресурс - речен отток	0.51	1.71	4.66

Извод: Търсената балансова ресурсна оценка се получава от сумата на регистрирания речен отток и загубите на повърхностни води, предизвикани от антропогенния фактор. Иначе казано, в една естествена среда, загубите от потреблението ABS не биха се случили и разполагаемият ресурс щеше да се равнява на речният отток.

Заклучение

Ресурсните оценки на повърхностните води извършени с хидроложкия и балансовия метод дават устойчиви и много близки резултати.

Построените с хидроложкия метод регионални зависимости за поречията в северо-западна България дават осъвременена ресурсна оценка, което има първостепенно значение за управление на ползването на водите в настоящия период на изменящият се климат. Методът не изисква извънредни инвестиции, ползва съвременната базова хидрометрична мрежа, дава възможност за своевременни резултати, което го прави приложим в оперативната практика. Методът дава възможност за регионална оценка на различни статистически оценки на речния отток като месечни минимума и техните обезпечености.

Определянето на годишните ресурси от повърхностни води по водно-балансов път е възможно и дава много добра информация за съотношението на елементите на баланса, наличност към потребление, съотношение между различните типове потребители, което е необходимо за целите на управление на водите, определяне на мерки, политика спрямо потребителите и развитие на икономиката. Приложението на този метод изисква значително количество информация, ресурси и време. Основен проблем често е липса на достатъчна и/или надеждна информация, най - вече информация за актуалното водопотребление, която съществува за не голям брой случаи.

От направените изчисления се вижда, че дори за такова поречие като Вит, с повече от 30% регулиране на годишния речен отток, определеният по воднобалансов път възобновяем ресурс се различава от хидрологичните оценки с по-малко от 5%. Последното води до недвусмисленото заключение, че за целите на оперативното управление на водите хидроложкият метод е за предпочитане.

Приноси

1. Авторско участие при разработване на методичен подход за хидроложки регионализационни оценки на ресурса на повърхностните водни тела и водосбори при отчитане на настъпилите промени в режима на реките и информационната база.
2. Творческо приложение и адаптиране на разработения методичен подход за конкретни водни тела и водосбори в България, анализи и оценки.
3. Успешно прилагане на балансов подход за оценка на ресурса на повърхностните водни тела и водосбори.
4. Проведен сравнителен анализ на двата основни хидроложки подхода – регионализационен и балансов за оценка на водните ресурси за пилотни водосбори с изводи и препоръки.

Публикации по темата:

1. *Възможности за оценка на ресурсите от повърхностни води в България;* инж. **М. Ранкова**, проф. Д. Димитров, инж. К. Крумова, Водно Дело, брой 1/2 **2016**, стр.22, ISSN 02045745
2. *Surface water resources characteristics estimation via statistical models.* **2017**. ISBN 978-954-90537-2-2 **М. Rankova**, К. Kroumova. Златни пясъци. <http://www.danubeconference2017.org/>
3. *Water balance components evaluation using hydrological and balance approach.* (On the example of Vit River basin), **М. Rankova**, К. Kroumova. Bul. J. Meteo & Hydro 25/2 (2021). http://meteorology.meteo.bg/globalchange/files/2021/BJMH_2021_V25_N2/BJMH_25_2_1.pdf