

UNELE INVESTIGAȚII REFERITOR LA CALITATEA APEI RÂULUI RĂUT

Gherman Bejenaru, Șef CCPLD

Lucrare realizată în cadrul Proiectului UNEP-GEF
"Suport pentru perfectarea Comunicării
Naționale Trei în cadrul UNFCCC"



Cuvinte cheie

Suma ioni (mineralizare) – conținutul total de cationi și anioni principali într-un litru de apă, mg/l.

Concentrația maximă admisibilă (CMA) – 1000 mg/l ;

Sulfați – conținutul anionului SO_4 într-un litru de apă, mg/l. CMA – 100 mg/l;

Duritate – Suma calciului și magneziului care condiționează duritatea apei, mg-ecv. CMA – 10 mg-ecv;

Oxigen dizolvat – conținutul de oxigen dizolvat într-un litru de apă, CMA – mai mult de 4 și mai puțin de 10 mg/l;

Debit de apă – cantitate de apă, ce curge prin secțiunea transversală a râului într-o secundă, m^3/s ;

Strat al scurgerii – cantitatea de apă ce se scurge de pe suprafața bazinului de recepție într-un interval oarecare de timp, mm;

Etiaj – fază a regimului hidrologic al râului care se caracterizează prin scurgere mică, adică prin cele mai mici debite;

Ape mari (de primăvară) constituie faza de scurgere a râurilor, cauzată de topirea zăpezilor, de topirea zăpezilor și ploi suprapuse sau numai de ploi. Se caracterizează printr-o durată mare a scurgerii, debite de vârf nu prea mari, volume și straturi scurse mari sau foarte mari.;

Viituri pluviale – reprezintă creșteri rapide, dar foarte intensive ale debitelor și nivelurilor de apă, condiționate de topirea rapidă a zăpezilor în timpul moinelor, ploilor abundente sau deversărilor mari din lacurile de acumulare.

Cursul superior

Pentru analiza scurgerii r. Răut în cursul superior s-au utilizat debitele medii diurne, medii lunare și medii multianuale la postul hidrometric Bălți (fig. 1-3).

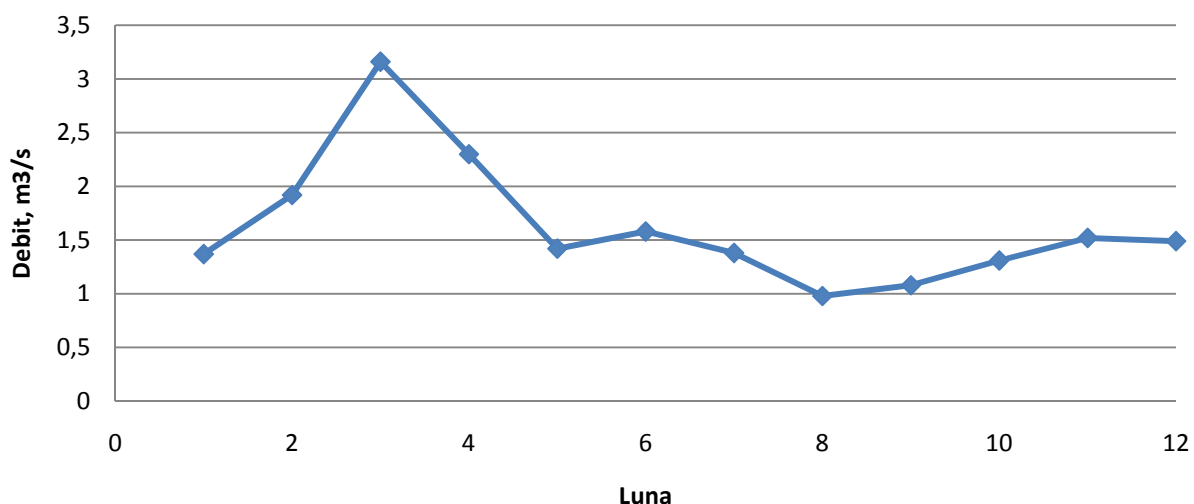


Fig. 1. Debite medii lunare multianuale. Râul Răut, postul hidrometric Bălți

Regimul scurgerii r. Răut în cursul superior se caracterizează prin ape mari de primăvară bine exprimate, un etiaj relativ stabil de vară-toamnă-iarnă încălcat de viituri pluviale.

Pentru analiza compoziției chimice a r. Răut s-a utilizat suma ionilor (mineralizarea), sulfații și duritatea apei din probele colectate în amonte de or. Bălți în intervalul de timp 1992-2010 (fig. 2).

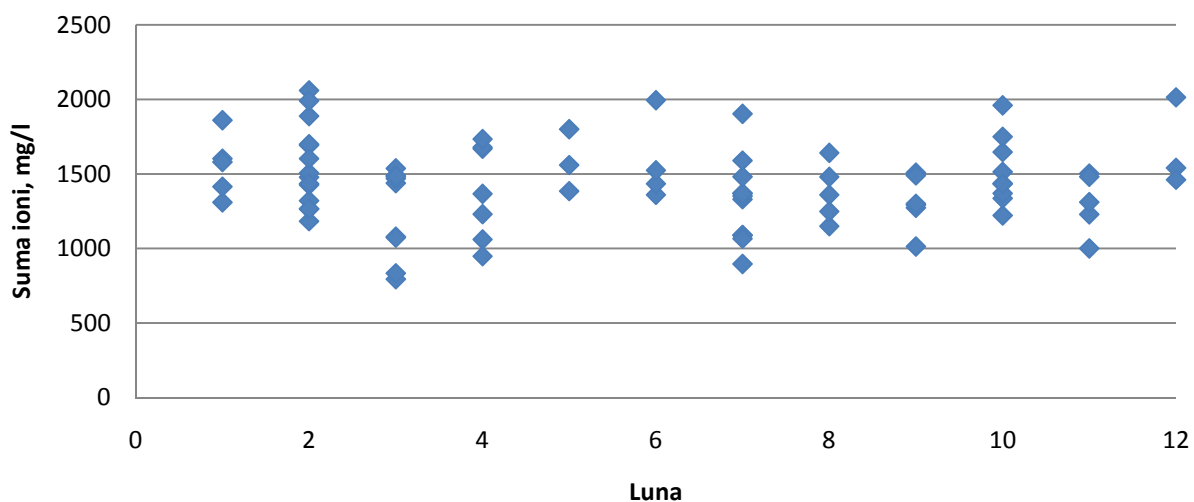


Fig. 2. Suma ionilor. Probe prelevate (conform lunii prelevării) în râul Răut, amonte de or. Bălți (1992-2010)

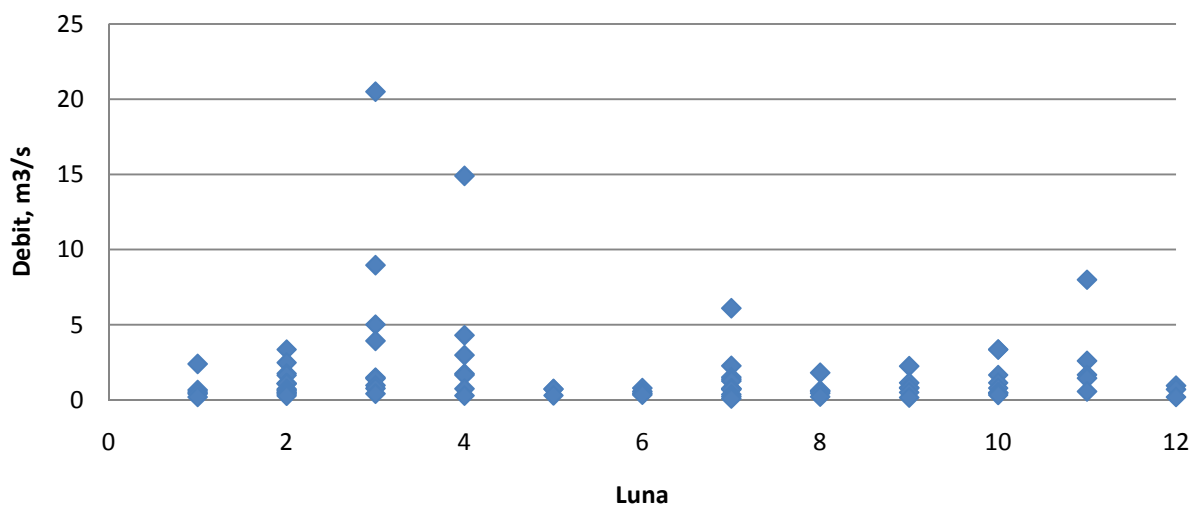


Fig. 3. Debite medii diurne la data prelevării probei (conform lunii prelevării). Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

Cu toate că există o vagă corelare între debite și mineralizarea apei ele însă nu pot fi descrise printr-o funcție matematică cu o precizie satisfăcătoare. Mineralizarea apei reprezintă un indicator care este mai puțin variabil ca debitele de apă, în sens că mineralizarea apei într-un timp scurt variază mai puțin decât debitul apei. Pentru a evidenția totuși legătura dintre volumul de apă care curge prin râu și mineralizarea ei s-au calculat debitele medii lunare și mineralizarea medie lunară. Aceste cifre din punct de vedere al unui șir statistic corelează mai bine decât valorile diurne (fig. 4).

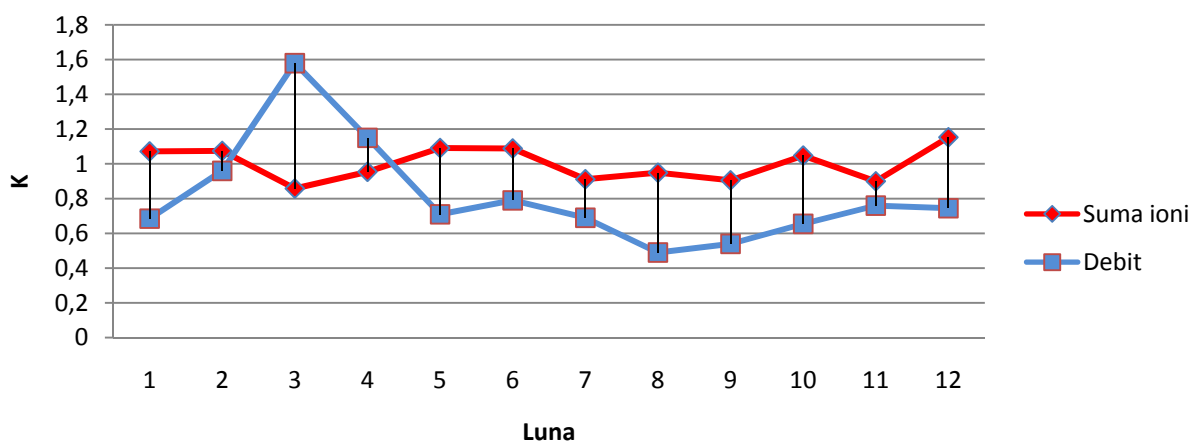


Fig. 4. Mersul anual al debitului de apă și sumei ionilor exprimat în coeficienți moduli. Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

Și în acest caz tabloul nu este uniform. Coeficientul de corelare $R=0,29$. În cazul fazei de etiaj se observă o corelare foarte slabă dintre debite și mineralizare. Însă dacă vom analiza faza apelor mari, condiționată nu de alimentare subterană, dar de abundența precipitațiilor și/sau topirea zăpezilor tabloul se schimbă. Aici devine clară dependența mineralizării de volumului de apă din râu. Cu cât debitul este mai mare cu atât mineralizarea este mai mică. Pentru lunile cu ape mari – ianuarie-iunie nivelul de corelare este $R=0,96$. Această regresie liniară poate fi exprimată grafic (fig. 5).

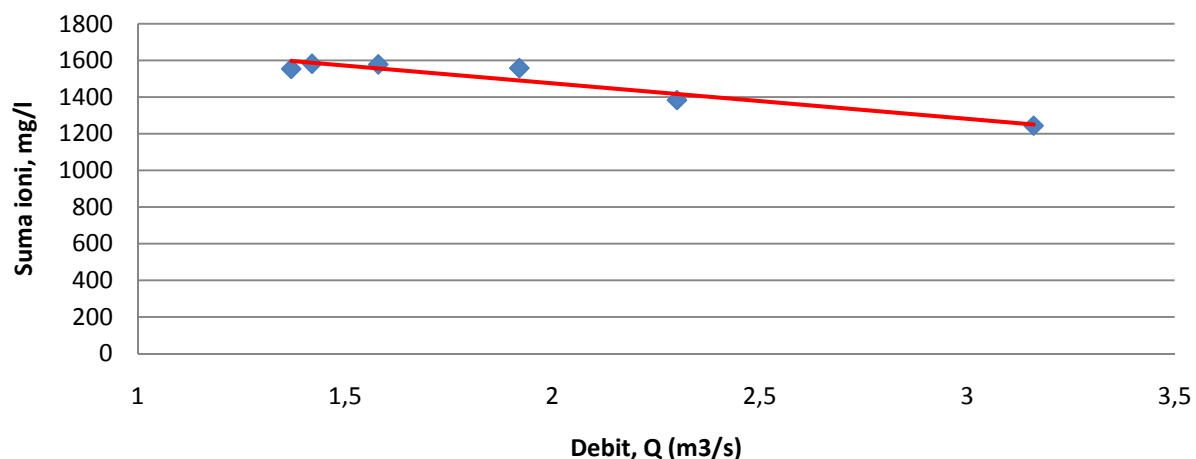


Fig. 5. Funcția sumei ionilor și debitului de apă lunare în faza apelor mari. Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

Această regresie liniară se descrie prin funcția $M = -194,1Q + 1863$, unde M – suma ionilor, iar Q – debitul mediu de apă, $R^2 = 0,916$ și $P\text{-value} (p) = 0,027$.

În cazul extrapolării acestei curbe de regresie este mai eficient de folosit funcția liniară la putere care oferă rezultate mai precise pentru valorile extreme (fig. 6).

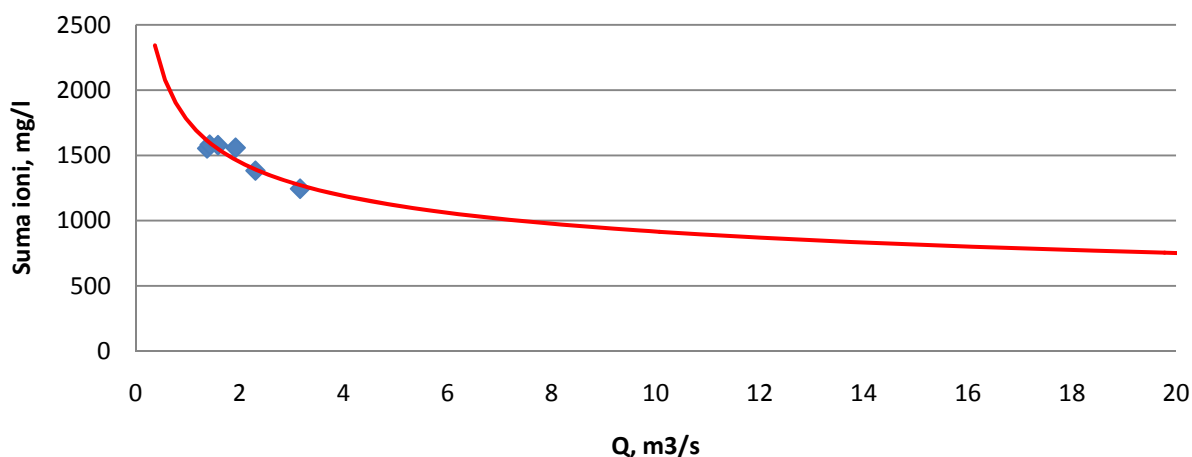


Fig. 6. Funcția sumei ionilor și debitului de apă lunare în faza apelor mari, extrapolată până la valoarea debitului maxim înregistrat la prelevarea probelor. Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

În acest caz funcția de regresie se exprimă prin $M = 1765Q^{-0,28}$, unde M – suma ioni și Q – debitul mediu, $R^2 = 0,873$.

Metoda propusă oferă rezultate sigure în jurul valorilor medii ale debitului râului ($1,63 \text{ m}^3/\text{s}$) și spre valorile maxime. În cazul debitelor mici (faza de etiaj) metoda nu mai oferă rezultate bune.

Rezultatele obținute ne permit calculul mineralizării apei râului cunoscând debitul de apă doar.

Între mineralizare, duritate și sulfați există o legătură care poate fi reprezentată grafic și descrisă matematic (fig. 7, 8).

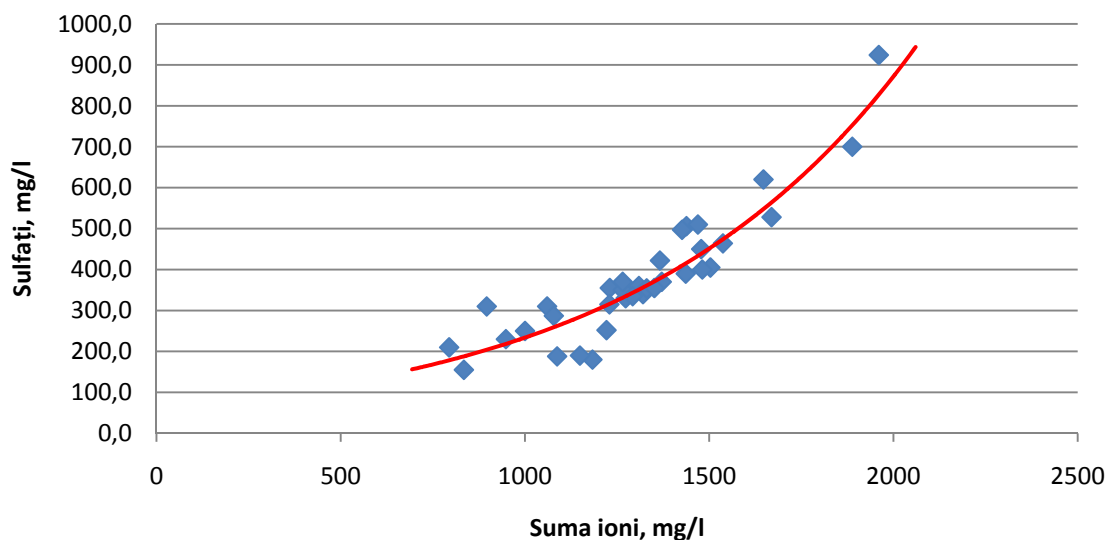


Fig. 7. Funcția exponențială a dependenței sulfaților de suma ioni. Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

Această funcție de regresie liniară se exprimă prin formula $Y = 62,54e^{0,001X}$, unde Y reprezintă sulfații, mg/l iar X – suma ionilor, mg/l, e – coeficient egal cu 10^6 , $R^2 = 0,790$. Coeficientul de corelare $R=0,89$, P-value (p) =0,000. De menționat că graficul a fost construit doar pentru valorile debitului de apă în jurul mediei anuale și mai mult, de la $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

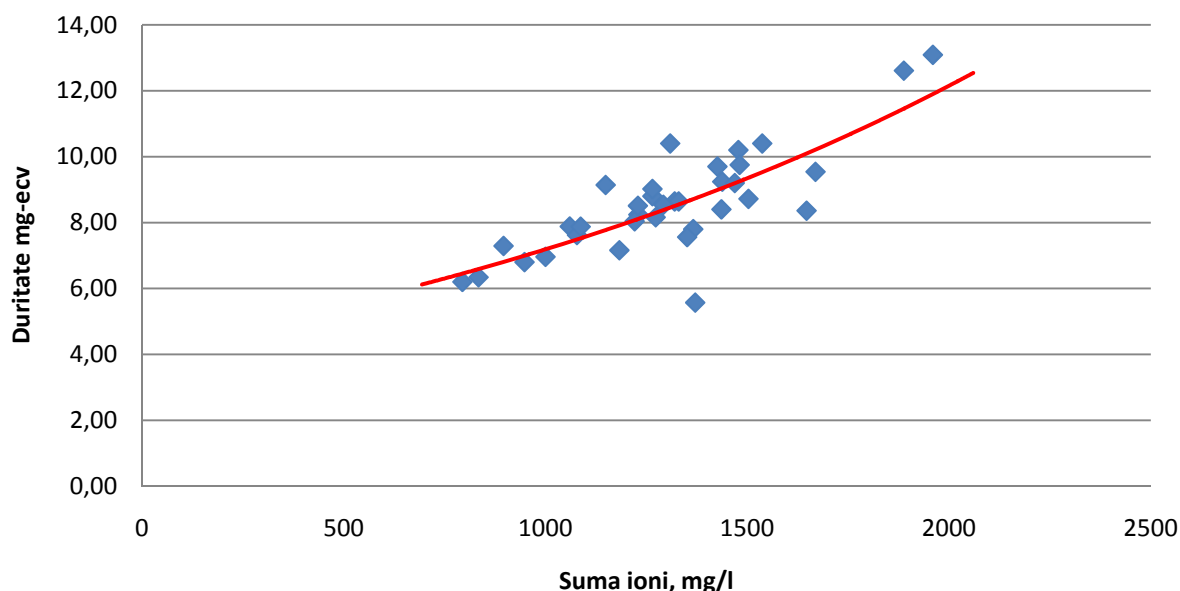


Fig. 8. Funcția exponențială a dependenței durității de suma ioni. Râul Răut, postul hidrometric Bălți (1992-2010)

Această funcție de regresie liniară se exprimă prin formula $Y = 4,249e^{0,0001X}$, unde Y duritatea, mg-ecv iar X – suma ionilor, mg/l, e – coeficient egal cu 10^2 , $R^2 = 0,597$, P-value (p) = 0,000. Coeficientul de corelare R=0,79. De menționat că graficul a fost construit doar pentru valorile debitului de apă în jurul mediei anuale și mai mult, de la $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

În lucrarea http://www.meteo.md/metodf_karti.htm s-a calculat și cartat stratul scurgerii climatice contemporan și prognozat pentru diferite scenarii (SRES A2, A1B și B1) ale schimbării climei în trei intervale de timp (2010-2039, 2040-2069 și 2070-2079). Utilizând metodologia propusă anterior s-a calculat compoziția chimică a apei conform scenariilor nominalizate, tab. 1.

Tabelul 1*

Scurgerea și compoziția chimică a apei r. Răut în amonte de or. Bălți conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Scenariul	2010-2039					2040-2069					2070-2079				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	53,1	1,82	1493	492	8,5	36,9	1,26	1653	614	9,1	23,7	0,81	1871	829	10,1
A1B	48,4	1,66	1532	520	8,6	41,7	1,43	1598	569	8,9	32,2	1,10	1717	671	9,4
B1	52,8	1,81	1495	494	8,5	50,0	1,71	1518	510	8,6	43,2	1,48	1582	556	8,8

* Notă:

Indicatorul	Media contemporană
Y – strat al scurgerii, mm	48
Q – debit de apă, m^3/s	1,63
M – mineralizare (suma ioni), mg/l, etiaj	1550
S – sulfați, mg/l, etiaj	530
D – duritate, mg-ecv, etiaj	9,3

În tabelul 2 indicatorii analizați au fost calculați în procente față de valorile contemporane

Tabelul 2

Scenariul	2010-2039					2040-2069					2070-2099				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	11	12	-4	-7	-9	-23	-22	7	16	-2	-51	-50	21	56	8
A1B	1	2	-1	-2	-7	-13	-12	3	7	-5	-33	-32	11	27	1
B1	10	11	-4	-7	-9	4	5	-2	-4	-8	-10	-9	2	5	-5

Din analiza rezultatelor reiese:

- Până în anul 2039 scurgerea crește cu 1-2% conform scenariului A1B și cu 10-12%, conform scenariilor A2 și B1. În următoarele intervale de timp scurgerea medie scade conform scenariului A2 cu 50-51% în 2070-2099 și 9-10% către anii 2070-2079 conform scenariului B1;
- Suma ionilor în primul interval de timp cercetat scade până la 4% conform scenariilor A2 și B1, apoi este în creștere până la 21%, conform scenariului A2 pentru anii 2070-2099. Pentru toate perioadele cercetate și pentru toate scenariile suma ionilor depășește Concentrația Maximă Admisibilă (1000 mg/l), conform scenariului A2 pentru anii 2070-2099 ea va ajunge la 1871 mg/l. Menționăm că și în prezent suma ionilor este în mediu de 1550 mg/l;
- Sulfații manifestă tendință de scădere în anii 2010-2039 cu 7% pentru scenariul A2 și cu 2% pentru A1B. În următoarele intervale de timp concentrația lor crește până la 56% conform scenariului A2 și 2% - B1 către anii 2070-2099. Și în prezent (535 mg/l) și pe viitor A2, 2070-2099 (829) concentrația sulfaților depășește CMA (100 mg/l);
- Duritatea în prezent se află în limitele CMA (10 mg-ecv) și constituie 9,3 mg-ecv. În primul interval de timp analizat ea este în scădere pentru toate scenariile 7-9%, apoi doar scenariile A2 și A1B presupun o creștere cu 8% (A2) și 1% (A1B), Scenariul B1 presupune chiar o mică scădere cu 1%.

Temperatura și oxigenul dizolvat

Pentru analiza temperaturii și oxigenului dizolvat s-au folosit datele din prelevările probelor pentru anii 1990-2010 în amonte de or. Bălți, în total – 167 probe.

S-au calculat valorile medii lunare ale temperaturii apei și oxigenului dizolvat.

Între ele se observă o dependență sigură (fig. 9). Nivelul de corelare $R = -0,947$ și , P-value (p) = 0,000. În linii generale ea poate fi caracterizată prin valori mici ale oxigenului dizolvat la temperaturi înalte și invers.

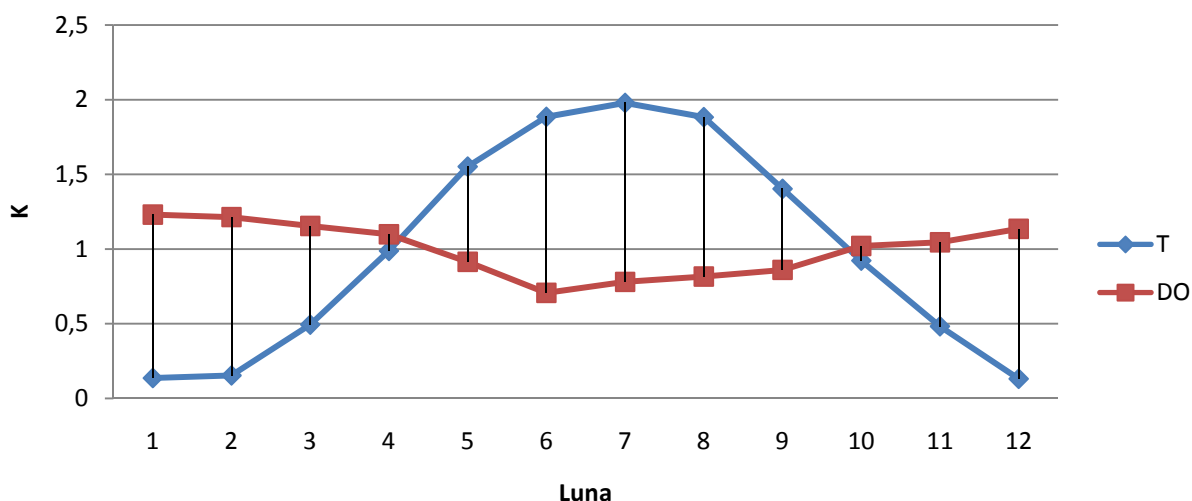


Fig. 9. Mersul anual al temperaturii apei și oxigenului, valori medii. Râul Răut, amonte de or. Bălți. Aici K – coeficienți moduli ai temperaturilor și oxigenului dizolvat

Regresia liniară a funcției temperatura apei – oxigen dizolvat poate fi prezentată grafic, fig. 10.

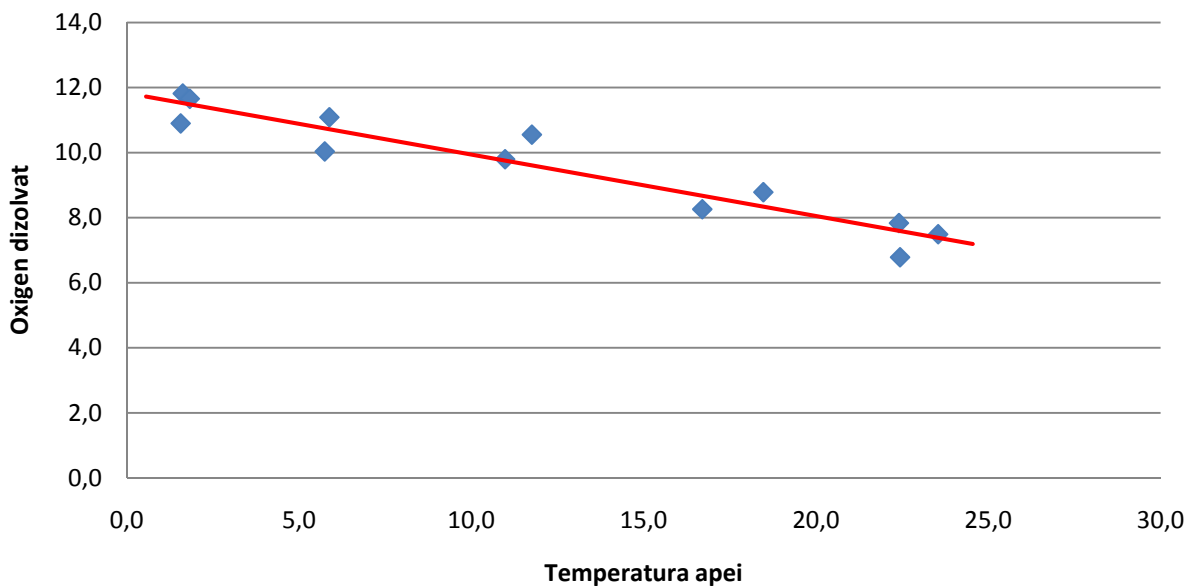


Fig.10. Regresia funcției $T=f(\text{DO})$. Amonte de or. Bălți

Această funcție matematic se descrie prin modelul $\text{DO} = -0,188T + 11,83$. $R^2 = 0,902$.

Temperatura apei depinde de temperatura aerului. Pentru descrierea acestei funcții s-au folosit datele temperaturii medii ale aerului la stația meteorologică Bălți (fig. 11).

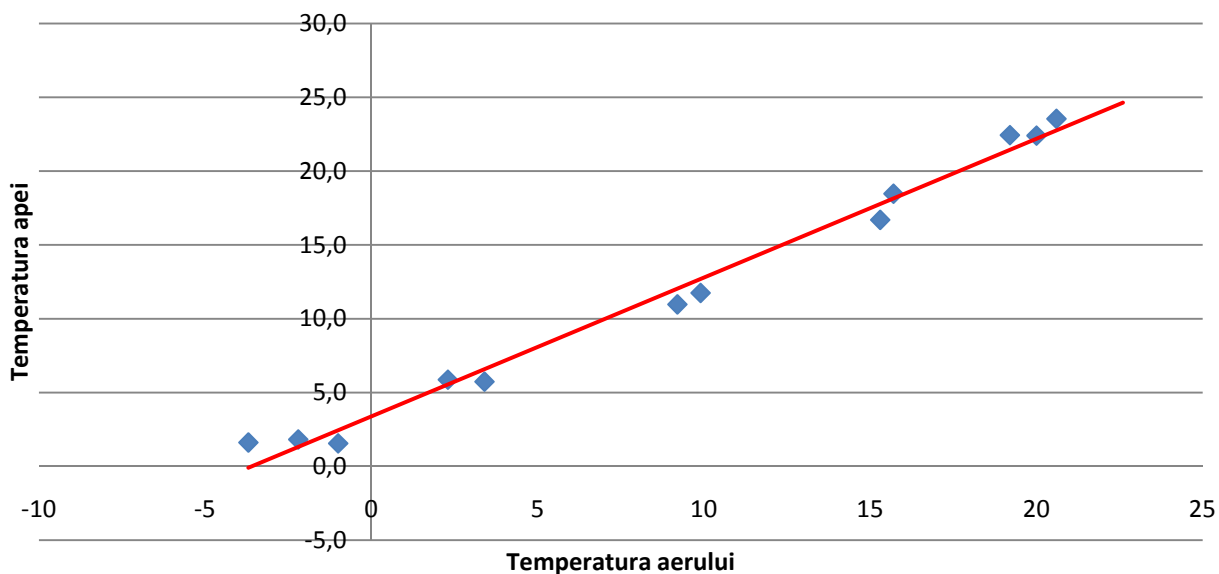


Fig.11. Regresia funcției $T_{\text{apa}}=f(T_{\text{aer}})$. Amonte de or. Bălți

Această funcție se descrie prin formula $T_{\text{apa}}=0,942T_{\text{aer}}+3,392$. Coeficientul de corelare $R=0,99$, $R^2=0,988$, $P\text{-value} (p)=0,000$.

Din lucrarea [8] cunoaștem valorile temperaturii medii lunare a aerului prognozate pentru diferite intervale de timp conform scenariilor SRES A2, A1B și B1. Utilizând metoda descrisă calculăm care vor fi temperaturile medii lunare ale apei din râu (tab 4).

Tabelul 4

Temperatura apei r. Răut în amonte de orașul Bălți conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	0,2	1,2	5,6	12,9	17,9	20,8	22,2	21,6	18,2	12,8	7,1	2,9	11,9
	A1B	0,1	1,1	5,6	12,8	18,0	21,3	22,5	22,0	18,1	12,5	7,0	2,7	11,9
	B1	0,2	1,3	5,6	12,8	18,1	21,1	22,4	21,9	18,0	12,5	6,8	2,6	11,9
2040-2069	A2	2,4	3,2	6,6	13,8	18,8	21,9	23,4	23,0	19,6	13,8	8,0	4,3	13,3
	A1B	1,5	2,9	7,1	14,0	19,0	22,2	24,1	23,5	19,6	13,7	8,1	3,8	13,3
	B1	1,1	2,5	6,7	13,4	18,5	21,7	23,2	22,8	18,8	13,3	7,4	3,2	12,7
2070-2099	A2	3,5	4,7	8,3	15,0	19,7	23,2	25,4	25,2	21,6	15,4	9,6	5,8	14,8
	A1B	2,6	4,0	7,9	14,9	19,8	23,2	24,9	24,6	20,7	14,5	8,8	4,9	14,2
	B1	2,0	2,7	6,8	14,0	19,0	22,2	23,7	23,3	19,5	13,7	7,9	4,1	13,3
1961-1990		0,1	0,2	4,4	11,6	17,0	19,8	21,0	20,4	16,7	11,2	5,8	1,4	10,7

Utilizând regresia din figura 11 calculăm valorile concentrației oxigenului dizolvat, tab. 5.

Tabelul 5

Oxigenul dizolvat în apa r. Răut amonte de or. Bălți conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	11,8	11,6	10,8	9,4	8,5	7,9	7,7	7,8	8,4	9,4	10,5	11,3	9,6
	A1B	11,8	11,6	10,8	9,4	8,5	7,8	7,6	7,7	8,4	9,5	10,5	11,3	9,6
	B1	11,8	11,6	10,8	9,4	8,4	7,9	7,6	7,7	8,5	9,5	10,6	11,3	9,6
2040-2069	A2	11,4	11,2	10,6	9,2	8,3	7,7	7,4	7,5	8,2	9,2	10,3	11,0	9,3
	A1B	11,5	11,3	10,5	9,2	8,3	7,7	7,3	7,4	8,2	9,2	10,3	11,1	9,3
	B1	11,6	11,4	10,6	9,3	8,3	7,7	7,5	7,6	8,3	9,3	10,4	11,2	9,4
2070-2099	A2	11,2	10,9	10,3	9,0	8,1	7,5	7,1	7,1	7,8	8,9	10,0	10,7	9,1
	A1B	11,3	11,1	10,3	9,0	8,1	7,5	7,1	7,2	7,9	9,1	10,2	10,9	9,2
	B1	11,5	11,3	10,6	9,2	8,3	7,7	7,4	7,4	8,2	9,2	10,3	11,1	9,3
1961-1990		11,8	11,8	11,0	9,7	8,6	8,1	7,9	8,0	8,7	9,7	10,7	11,6	9,8

Cantitatea optimă de oxigen dizolvat în apa din râurile Republicii Moldova trebuie să fie în limitele 4,0-10,0 mg/l. Observăm că el va fi în limitele normei doar în lunile aprilie-octombrie pentru toate trei scenarii și pentru toate intervalele de timp.

Pentru a înlesni perceperea rezultatelor obținute în tabelele 6 (variația temperaturii apei) și 7 (variația conținutului oxigenului dizolvat) aceleași valori sunt prezentate în % față de anii de referință.

Tabelul 6

Variația temperaturii apei r. Răut amonte or. Bălți conform scenariilor SRES A2, A1B și B1 în % față de anii de referință

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	100	515	28	11	5	5	6	6	9	14	22	109	12
	A1B	80	468	28	10	6	7	7	8	8	12	20	95	12
	B1	96	562	28	10	6	6	7	7	8	12	17	89	12
2040-2069	A2	2258	1502	50	19	11	11	11	13	17	23	38	209	24
	A1B	1412	1361	60	21	12	12	15	15	17	23	40	169	24
	B1	1036	1126	52	15	9	10	11	12	13	18	28	129	19
2070-2099	A2	3386	2254	88	29	16	17	21	24	30	38	65	317	38
	A1B	2540	1878	80	28	17	17	19	21	24	29	51	250	33
	B1	1882	1267	54	21	12	12	13	14	17	23	36	189	24

Din tabelul 6 reiese:

- Temperatura medie lunară a apei din r. Răut, amonte de or. Bălți, are tendința de creștere în general pentru toate scenariile și intervalele de timp studiate;
- Deosebit de mare este decalajul în creșterea temperaturii apei în lunile reci ale anului, de la 80% pentru scenariul A1B în 2010-2049 până la 3386% pentru A2 în 2070-2099 în luna ianuarie;
- Cele mai mici creșteri sunt specifice lunilor de vară, de la 5% A2, 2010-2039 până la 12% B1, 2070-2099;

Tabelul 7

Variația oxigenului dizolvat în r. Răut amonte de or. Bălți conform scenariilor SRES A2, A1B și B1 în % față de anii de referință

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	0	-2	-2	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-2
	A1B	0	-2	-2	-3	-2	-3	-4	-4	-3	-2	-2	-2	-2
	B1	0	-2	-2	-3	-2	-3	-4	-4	-3	-2	-1	-2	-2
2040-2069	A2	-4	-5	-4	-5	-4	-5	-6	-6	-6	-5	-3	-5	-5
	A1B	-2	-4	-5	-5	-4	-5	-8	-7	-6	-5	-4	-4	-5
	B1	-2	-4	-4	-4	-3	-4	-6	-6	-5	-4	-3	-3	-4
2070-2099	A2	-5	-7	-7	-7	-6	-8	-11	-11	-11	-8	-6	-7	-8
	A1B	-4	-6	-6	-7	-6	-8	-10	-10	-9	-6	-5	-6	-7
	B1	-3	-4	-4	-5	-4	-5	-7	-7	-6	-5	-3	-5	-5

Din tabelul 7 reiese:

- Concentrația oxigenului dizolvat în apa r. Răut amonte de or. Bălți are tendințe de scădere pentru toată perioada studiată de la 0% (toate scenariile pentru anii 2010-2039) până la 11% (A2, 2070-2099) față de perioada de referință;
- Cele mai mici scăderi se observă iarna (5-7% A2) și cele mai mari – vara (11%, A2).

Cursul inferior, s. Jeloboc

Pentru analiza scurgerii r. Răut în cursul inferior s-au utilizat debitele medii diurne, medii lunare și medii multianuale la postul hidrometric Jeloboc (fig. 12-14).

Regimul scurgerii r. Răut în cursul inferior se caracterizează prin ape mari de primăvară bine exprimate, viituri pluviale în perioada de vară și etiaj de toamnă–iarnă. Se observă foarte clar finisarea apelor mari de primăvară și trecerea la viiturile pluviale de vară în luna mai.

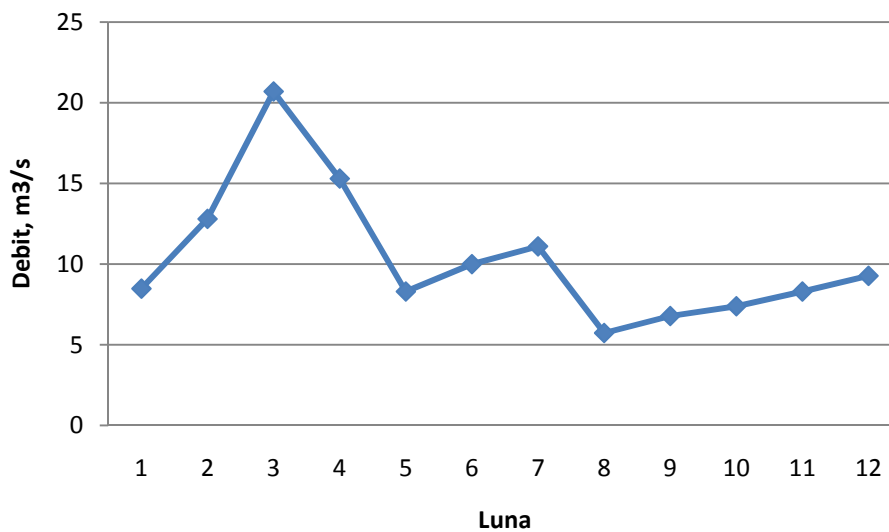


Fig. 12. Debite medii lunare multianuale. Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc

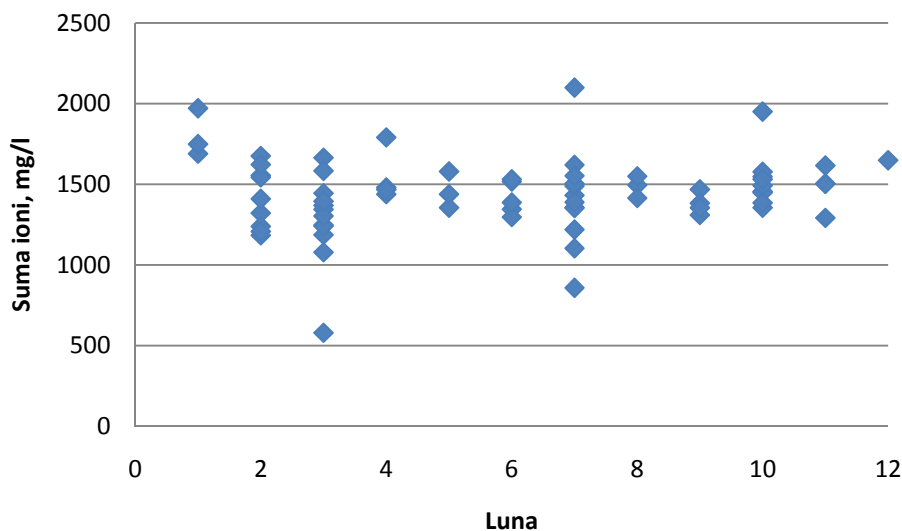


Fig. 13. Suma ionilor. Probe prelevate (conform lunii prelevării) în râul Răut, 7 km aval de or. Orhei (1992-2010)

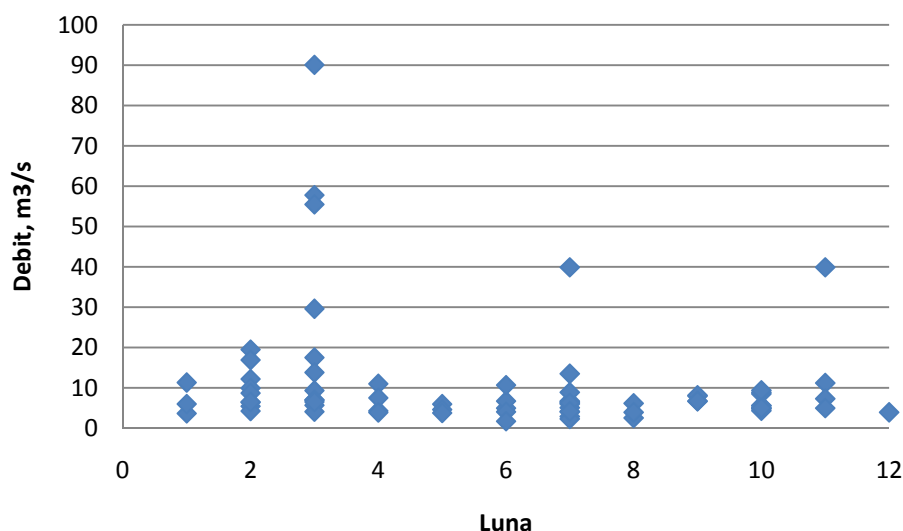


Fig. 14. Debite medii diurne la data prelevării probei (conform lunii prelevării). Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc (1992-2010)

Analiza comparativă a graficelor din fig. 12-14 nu scot în evidență o dependență clară între debite și mineralizarea apei din râu, cu toate că apele mari de primăvară și mineralizarea scăzută se observă destul de clar. Pentru evidențierea acestei corelații s-a construit un grafic mixt bazat pe debitele medii lunare multianuale și media mineralizării lunare în baza probelor prelevate.

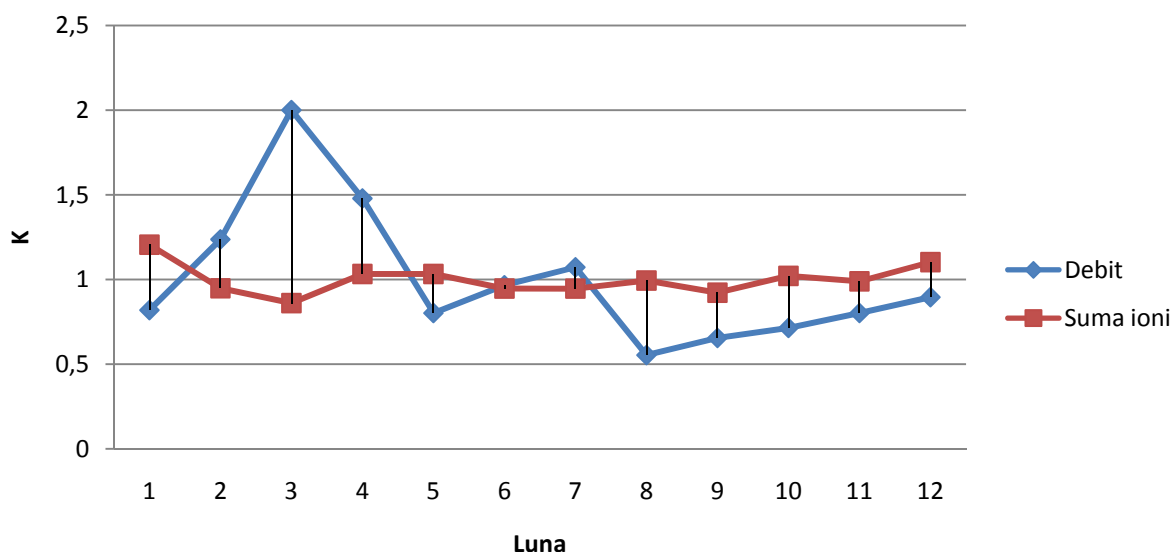


Fig. 15. Mersul anual al debitului de apă și sumei ionilor exprimat în coeficienți moduli. Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc (1992-2010)

Acest segment de râu se caracterizează printr-o corelare mai bună decât în cursul superior dintre debite și mineralizare, $R=-0,41$, $P\text{-value } (p)=0,18$. Faza de etiaj nu denotă vreo dependență dintre debite și mineralizare, în schimb apele mari atât de primăvară, cât și de vară oferă rezultate satisfăcătoare fig.16.

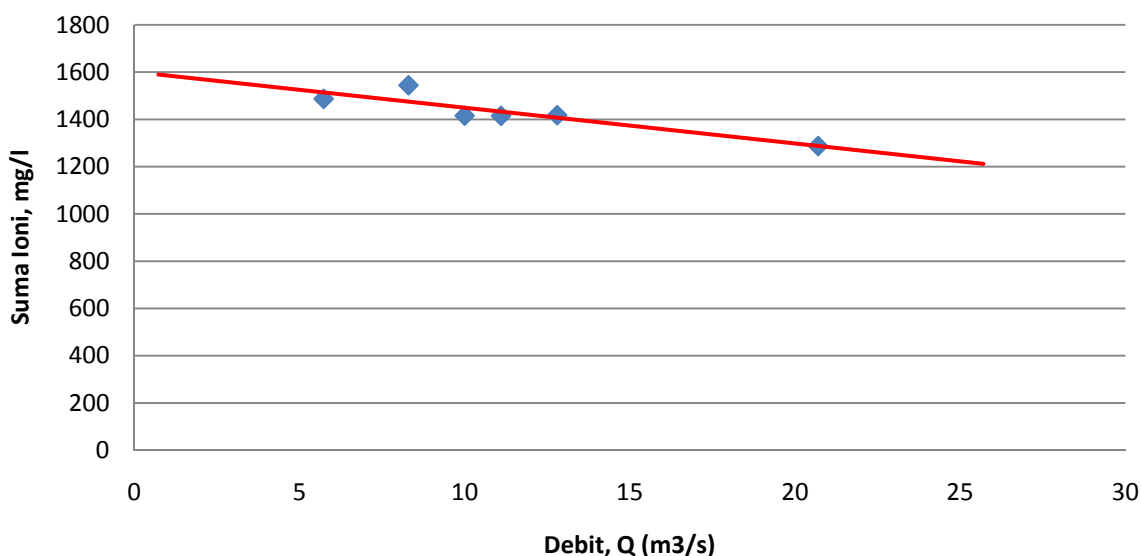


Fig. 16. Funcția sumei ionilor și debitului de apă lunare în faza apelor mari. Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc (1992-2010)

Apele mari la Jeloboc, pentru care este evidentă funcția dintre debit și mineralizare aici se manifestă în lunile II, III, V-IX. Nivelul de corelare $R=0,89$. Această regresie liniară se descrie prin formula $M=1600,5765-15,1307Q$, unde M – suma ioni, mg/l, Q – debitul apei, m³/s. $R^2 = -0,809$, P-value (p) = 0,015. De menționat că graficul a fost construit doar pentru valorile debitului de apă în jurul mediei multianuale și mai mult, de la 10,4 m³/s.

Metoda propusă oferă rezultate bune pe tot ecartul eșantionului dar cele mai sigure rezultate sunt de la valorile în jurul mediei debitului de apă - 10,4 m³/s din sectorul dat, spre valori maxime. Chiar și în faza de etiaj se obțin rezultate mai bune decât în cursul superior.

Între mineralizare, durtate și sulfați există o legătură, care grafic poate fi reprezentată prin funcția de regresie liniară (fig. 17).

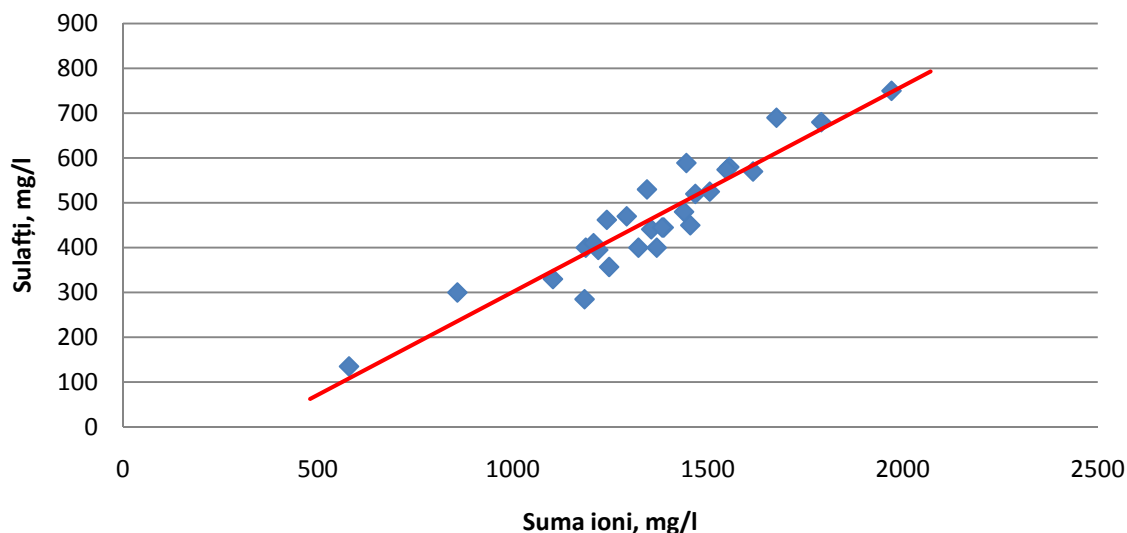


Fig. 17. Regresia liniară a funcției dependenței sulfaților de suma ioni. Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc (1992-2010)

Funcția poate fi descrisă prin ecuația $Y = 0,459X - 157,8$, unde Y – sulfați, mg/l, X – suma ionilor mg/l. $R^2 = 0,877$. Coeficientul de corelare $R = 0,94$. P-value (p) = 0,0028. Graficul a fost construit pentru probele prelevate la ape mari.

Corelarea dintre mineralizare și duritate este puțin mai scăzută, dar la fel se încadrează în limitele acceptabile (fig. 18).

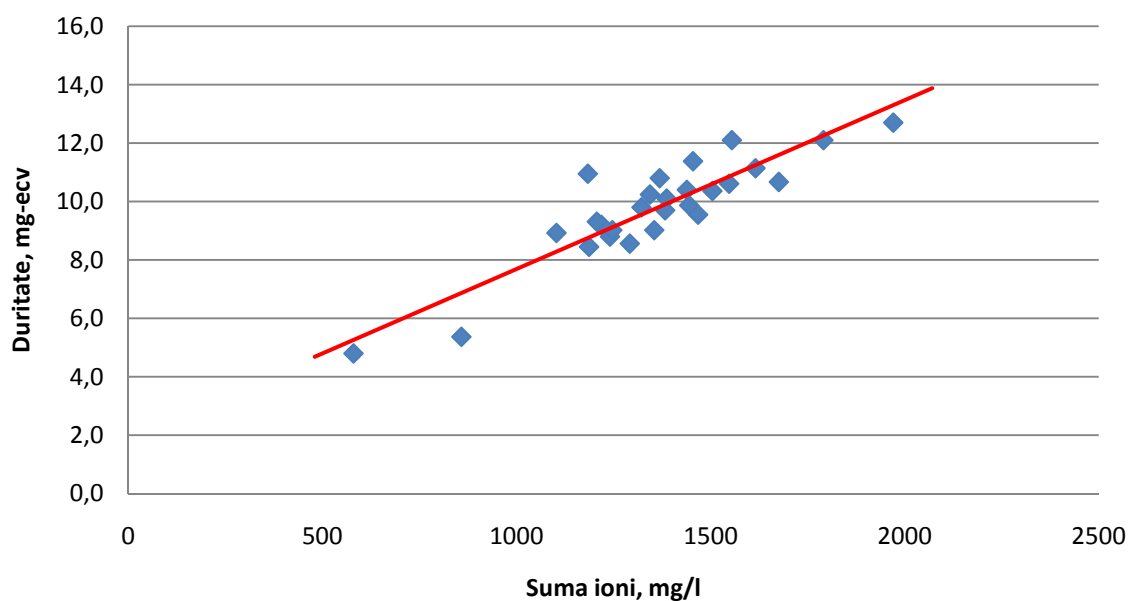


Fig. 18. Regresia liniară a funcției dependenței durității de suma ioni. Râul Răut, postul hidrometric Jeloboc (1992-2010)

Regresia liniară a funcției dependenței durității de suma ionilor se descrie prin ecuația $Y = 0,005X + 1,911$, unde Y – duritatea, mg-ecv și X – suma ionilor, mg-ecv. $R^2 = 0,804$. Coeficientul de corelare $R = 0,89$ și $P\text{-value } (p) = 0,021$.

În lucrarea http://www.meteo.md/metodf_karti.htm s-a calculat și cartat stratul scurgerii climatice contemporan și prognozat pentru diferite scenarii (SRES A2, A1B și B1) ale schimbării climei în trei intervale de timp (2010-2039, 2040-2069 și 2070-2099). Utilizând metodologia propusă anterior s-a calculat compoziția chimică a apei conform scenariilor nominalizate, tab. 8.

Tabelul 8*

Scenariul	2010-2039					2040-2069					2070-2099				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	41,0	9,22	1460	513	9,2	28,3	6,36	1504	532	9,4	17,5	3,95	1540	549	4,7
A1B	37,3	8,39	1473	518	9,3	32,0	7,19	1491	527	9,4	24,4	5,50	1517	538	4,6
B1	39,7	8,94	1465	515	9,2	38,5	8,66	1469	516	9,3	33,1	7,46	1487	525	4,5

* Notă:

Indicatorul	Media contemporană
Y – strat al scurgerii, mm	45,6
Q – debit de apă, m ³ /s	10,4
M – mineralizare (suma ioni), mg/l, etiaj	1442
S – sulfatați, mg/l, etiaj	513
D – duritate, mg-ecv, etiaj	10,3

În tabelul 9 indicatorii analizați au fost calculați în procente față de valorile contemporane

Scenariul	2010-2039					2040-2069					2070-2099				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	-11	-11	1	0	-11	-39	-39	4	4	-8	-62	-62	7	7	-55
A1B	-19	-19	2	1	-10	-31	-31	3	3	-9	-47	-47	5	5	-55
B1	-14	-14	2	0	-10	-16	-17	2	1	-10	-28	-28	3	2	-56

Din analiza rezultatelor reiese:

- Scurgerea râului Răut în cursul inferior este în scădere pentru toate intervalele de timp analizat și pentru toate scenariile. Conform celui mai dur scenariu A2 către anii 2070-2099 scurgerea va scădea cu 62%. Chiar și cel mai favorabil scenariu B1 indică o micșorare a scurgerii cu 28%;
- Suma ionilor este permanent în creștere pentru toate intervalele de timp. În anii 2010-2039 ea puțin este mai mare, cu 1-2% și doar în 2070-2099 crește până la 7% pentru A2 și 3% pentru B1. Pentru toate perioadele cercetate și pentru toate scenariile suma ionilor depășește Concentrația Maximă Admisibilă (1000 mg/l), conform scenariului A2 pentru anii 2070-2099 ea va ajunge la 1540 mg/l. Menționăm că și în prezent suma ionilor este în mediu de 1442 mg/l;
- Concentrația sulfaților în primul interval de timp practic nu se schimbă (0-1%) și doar în 2070-2099 va crește cu 2%, B1 și 7% A2. Și în prezent (513 mg/l) și pe viitor A2, 2070-2099 (549) concentrația sulfaților depășește CMA (100 mg/l);
- Duritatea în prezent este peste limitele CMA (10 mg-ecv) și constituie 10,3 mg-ecv. Ea va fi în scădere pentru toate scenariile 10-11% pentru anii 2010-2039, apoi crește puțin 8-10% în 2040-2069 și în ultimul interval de timp ajunge la 55-56%.

Temperatura și oxigenul dizolvat

Pentru analiza temperaturii și oxigenului dizolvat s-au folosit datele din prelevările probelor pentru anii 1990-2010, aval de or. Orhei, în total – 168 probe.

S-au calculat valorile medii lunare ale temperaturii apei și oxigenului dizolvat.

Între ele se observă o dependență sigură (fig. 19). Nivelul de corelare $R = -0,978$ și , P-value (p) = 0,000. În linii generale ea poate fi caracterizată prin valori mici a oxigenului dizolvat la temperaturi înalte și invers.

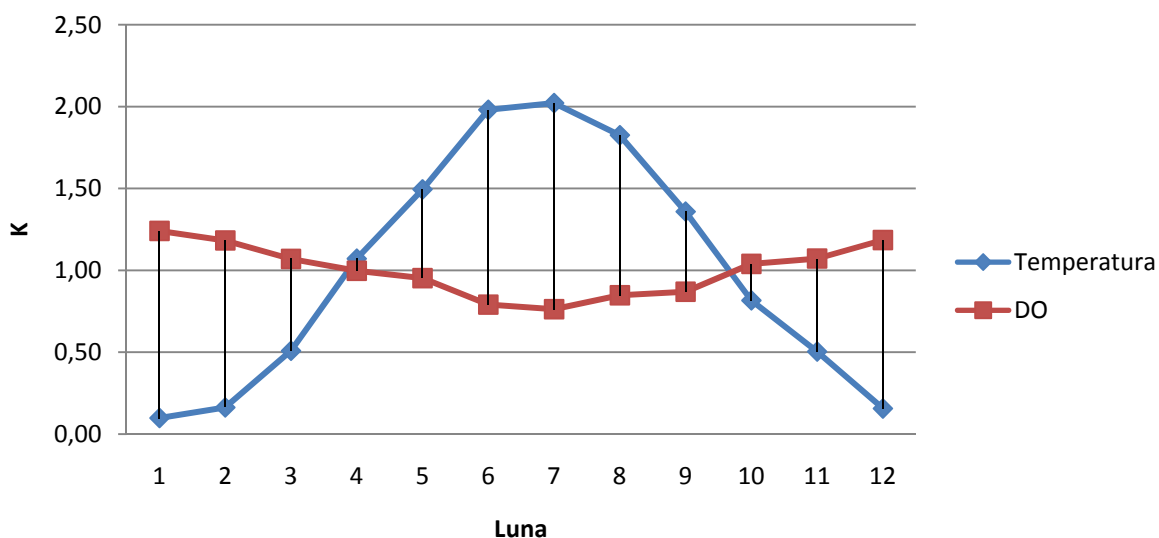


Fig. 19. Mersul anual al temperaturii apei și oxigenului, valori medii. Râul Răut, aval do or. Orhei. Aici K – coeficienți moduli ai temperaturilor și oxigenului dizolvat

Regresia liniară a funcției temperatura apei – oxigen dizolvat poate fi prezentată grafic, fig. 20.

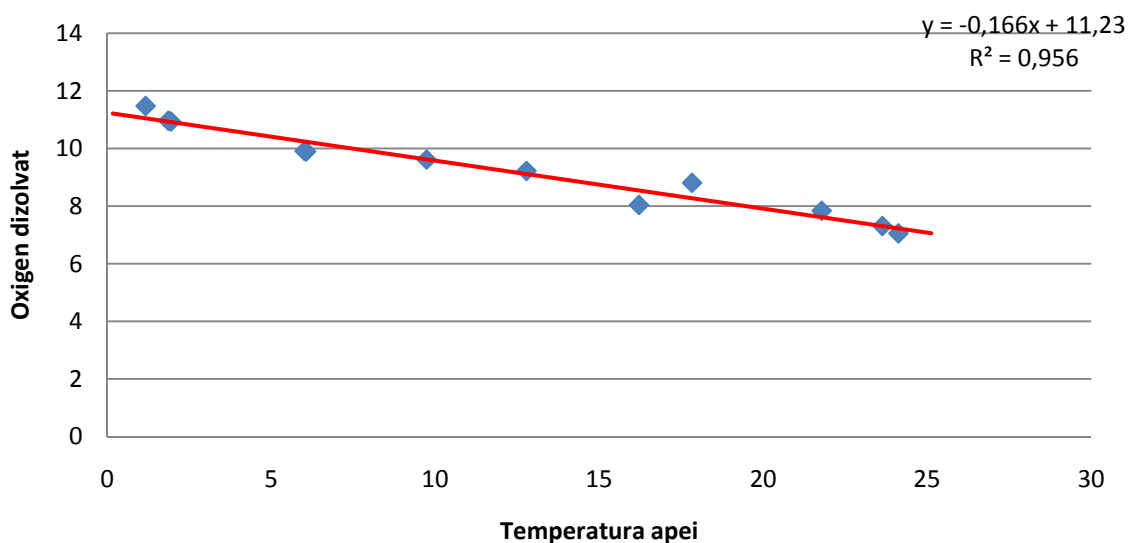


Fig. 20. Regresia funcției $T=f(DO)$. Aval de or. Orhei

Această funcție matematic se descrie prin modelul $DO = -0,166T + 11,23$. $R^2 = 0,956$.

Temperatura apei depinde de temperatura aerului. Pentru descrierea acestei funcții s-au folosit datele temperaturii medii ale aerului la stația meteorologică Dubăsari (fig. 21).

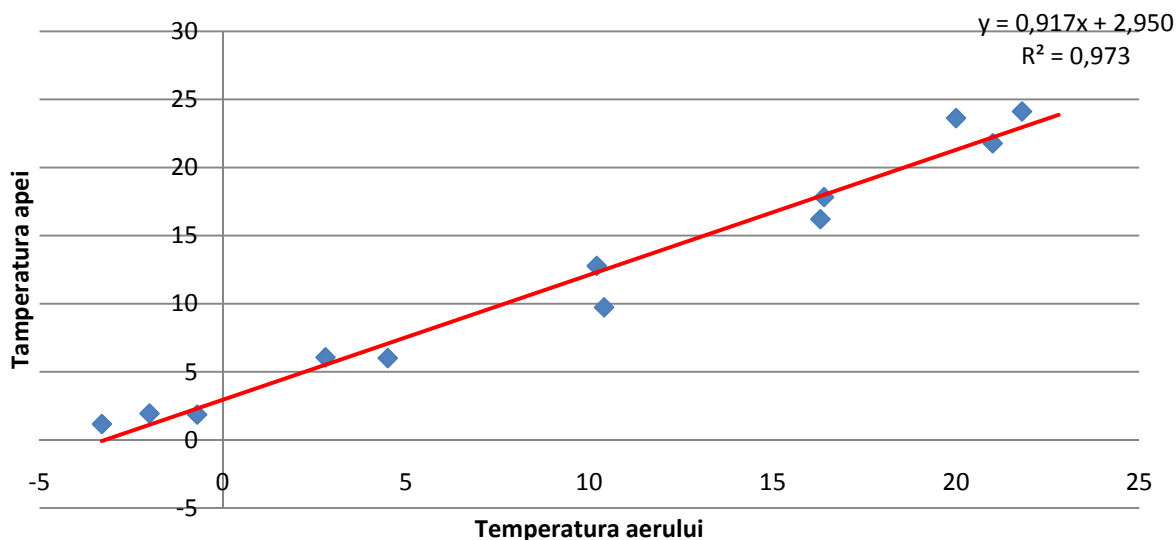


Fig. 21. Regresia funcției $T_{\text{apa}}=f(T_{\text{aer}})$. Aval de or. Orhei

Această funcție se descrie prin formula $T_{\text{apa}}=0,917T_{\text{aer}}+2,95$. Coeficientul de corelare $R=0,986$, $R^2=0,973$, $P\text{-value} (p)=0,000$.

Din lucrarea [8] cunoaștem valorile temperaturii medii lunare a aerului prognozate pentru diferite intervale de timp conform scenariilor SRES A2, A1B și B1. Utilizând metoda descrisă calculăm care vor fi temperaturile medii lunare ale apei din râu (tab 10).

Tabelul 10

Temperatura apei r. Răut în aval de orașul Orhei conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	0,4	0,8	5,2	12,2	17,1	19,9	21,3	20,7	17,4	12,1	6,5	2,5	11,3
	A1B	0,3	0,7	5,2	12,1	17,2	20,4	21,6	21,1	17,3	11,8	6,4	2,3	11,3
	B1	0,1	0,9	5,2	12,1	17,3	20,2	21,5	21,0	17,2	11,8	6,3	2,2	11,3
2040-2069	A2	1,9	2,8	6,1	13,1	18,0	21,0	22,5	22,1	18,7	13,1	7,4	3,9	12,6
	A1B	1,1	2,5	6,5	13,3	18,2	21,3	23,1	22,6	18,7	13,0	7,5	3,3	12,6
	B1	0,7	2,0	6,2	12,7	17,7	20,8	22,3	21,8	18,0	12,6	6,9	2,8	12,0
2070-2099	A2	3,0	4,2	7,7	14,2	18,9	22,3	24,4	24,2	20,7	14,7	9,0	5,3	14,0
	A1B	2,2	3,5	7,4	14,1	19,0	22,3	23,9	23,7	19,8	13,8	8,2	4,4	13,5
	B1	1,6	2,3	6,3	13,3	18,2	21,3	22,8	22,4	18,6	13,0	7,4	3,6	12,6
1961-1990		0,2	1,0	4,0	10,9	16,2	19,0	20,1	19,5	16,0	10,6	5,3	1,0	10,1

Utilizând regresia din figura 21 calculăm valorile concentrației oxigenului dizolvat, tab. 11.

Tabelul 11

Oxigenul dizolvat în apa r. Răut aval de or. Orhei conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	11,2	11,1	10,4	9,2	8,4	7,9	7,7	7,8	8,3	9,2	10,1	10,8	9,4
	A1B	11,2	11,1	10,4	9,2	8,4	7,8	7,7	7,7	8,4	9,3	10,2	10,8	9,4
	B1	11,2	11,1	10,4	9,2	8,4	7,9	7,7	7,7	8,4	9,3	10,2	10,9	9,4
2040-2069	A2	10,9	10,8	10,2	9,1	8,2	7,7	7,5	7,6	8,1	9,1	10,0	10,6	9,1
	A1B	11,0	10,8	10,1	9,0	8,2	7,7	7,4	7,5	8,1	9,1	10,0	10,7	9,1
	B1	11,1	10,9	10,2	9,1	8,3	7,8	7,5	7,6	8,2	9,1	10,1	10,8	9,2
2070-2099	A2	10,7	10,5	9,9	8,9	8,1	7,5	7,2	7,2	7,8	8,8	9,7	10,3	8,9
	A1B	10,9	10,6	10,0	8,9	8,1	7,5	7,3	7,3	7,9	8,9	9,9	10,5	9,0
	B1	11,0	10,8	10,2	9,0	8,2	7,7	7,5	7,5	8,1	9,1	10,0	10,6	9,1
1961-1990		11,2	11,1	10,6	9,4	8,5	8,1	7,9	8,0	8,6	9,5	10,3	11,1	9,6

Cantitatea optimă de oxigen dizolvat în apa din râurile Republicii Moldova trebuie să fie în limitele 4,0-10,0 mg/l. Observăm că el va fi în limitele normei doar în lunile aprilie-octombrie pentru toate trei scenarii și pentru toate intervalele de timp.

Pentru a înlesni perceperea rezultatelor obținute în tabelele 12 (variația temperaturii apei) și 13 (variația conținutului oxigenului dizolvat) aceleași valori sunt prezentate în % față de anii de referință.

Tabelul 12

Variația temperaturii apei r. Răut aval de or. Orhei conform scenariilor SRES A2, A1B și B1 în % față de anii de referință

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	100	-16	29	12	5	5	6	6	9	14	23	149	12
	A1B	50	-25	29	11	6	7	7	8	8	12	21	131	12
	B1	-50	-7	29	11	7	6	7	8	7	12	18	122	12
2040-2069	A2	871	177	52	20	11	11	12	13	17	24	40	287	25
	A1B	458	149	63	22	12	12	15	16	17	23	42	232	25
	B1	275	103	54	16	9	10	11	12	12	19	30	177	19
2070-2099	A2	1421	323	93	31	17	17	21	24	30	39	70	433	39
	A1B	1008	250	84	30	17	17	19	21	24	30	54	342	34
	B1	687	131	56	22	12	12	13	15	16	23	39	259	25

Din tabelul 12 reiese:

- Temperatura medie lunară a apei din r. Răut, aval de or. Orhei, are tendința de creștere în general pentru toate scenariile și intervalele de timp studiate. Doar în cazul lunilor ianuarie și februarie pentru anii 2010-2039 unele scenarii denotă scăderi până la -50% ;
- Deosebit de mare este decalajul în creșterea temperaturii apei în lunile reci ale anului, de la 122% pentru scenariul A1B în 2010-2039 în decembrie până la 1421% pentru A2 în 2070-2099 în luna ianuarie;
- Cele mai mici creșteri sunt specifice lunilor de vară, de la 5% A2, 2010-2039 până la 12% B1, 2070-2099;

Tabelul 13

Variația oxigenului dizolvat în r. Răut aval de or. Orhei conform scenariilor SRES A2, A1B și B1 în % față de anii de referință

Intervalul de timp	Scenarii	Ian	Feb	Mar	Apr	Mai	Iun	Iul	Aug	Sep	Oct	Noi	Dec	An
2010-2039	A2	0	0	-2	-2	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-1	-3	-3
	A1B	0	0	-2	-2	-1	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-3
	B1	0	0	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-2	-3
2040-2069	A2	-3	-3	-4	-4	-3	-4	-5	-6	-6	-5	-3	-5	-5
	A1B	-1	-3	-4	-4	-3	-5	-6	-6	-6	-5	-3	-4	-5
	B1	-1	-2	-4	-3	-2	-4	-5	-5	-4	-4	-2	-3	-4
2070-2099	A2	-4	-5	-6	-6	-5	-7	-9	-10	-9	-7	-5	-7	-7
	A1B	-3	-4	-6	-5	-5	-7	-8	-9	-8	-6	-4	-5	-6
	B1	-2	-2	-4	-4	-3	-5	-6	-6	-5	-5	-3	-4	-5

Din tabelul 13 reiese:

- Concentrația oxigenului dizolvat în apa r. Răut aval de or. Orhei are tendințe de scădere pentru toată perioada studiată de la 0% (ianuarie și februarie din toate scenariile pentru anii 2010-2039) până la 10% (august A2, 2070-2099) față de perioada de referință;
- Cele mai mici scăderi se observă iarna (0%) și cele mai mari – vara (10%, august A2, 2070-2099).

Bibliografie

1. <http://www.worldclim.org/methods>
2. Мезенцев В.С. Расчет водного баланса. – Омск: Сельхозинститут, 1976. – 76 с.
3. Тюрк Л., Струзера Л.Р. Баланс почвенной влаги. – Л. Гидрометеорологическое изд., 1958 - 227 с.
4. Казак В.Я., Лалыкин Н.В. Гидрологические характеристики малых рек Молдовы и их антропогенные изменения, Кишиневб Типогр. Динамо, 208 с.
5. Лобода Наталья Степановна, Годовой сток рек Украины в условиях антропогенного влияния, Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук, Одесский Государственный Экологический Университет, на правах рукописи – Одесса, 2003 г., с. 37.
6. Гопченко Е.Д, Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу. // Наукові праці Українського наук. – дослідн. Гідрометеорологічного ін-ту. – 2001. Вып. 249. – с. 106-120.
7. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 351с.
8. Țăranu Lilia, Regional climate change scenarios for the Republic of Moldova: future temperature and precipitation projections from ensembles of 10 global climate models. Mediul Ambient, Chișinău 2012, nr.2, 2012, p 28-37.
9. www.worldbank.org/eca/climateandagriculture
10. Resursele Acvatice ale Republicii Moldova, Apele de Suprafață, V. Cazac, C. Mihailescu, Gh. Bejenaru, G. Gâlcă. - Chișinău, Știința, 2007, 248 p.