

## UNELE INVESTIGAȚII REFERITOR LA CALITATEA APEI RÂULUI NISTRU

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.

### Amonte de lacul de acumulare Dubăsari

Pentru analiza scurgerii r. Nistru în amonte de lacul de acumulare Dubăsari s-au utilizat debitele medii diurne, medii lunare și medii multianuale la postul hidrometric Hrușca (fig. 1-3).

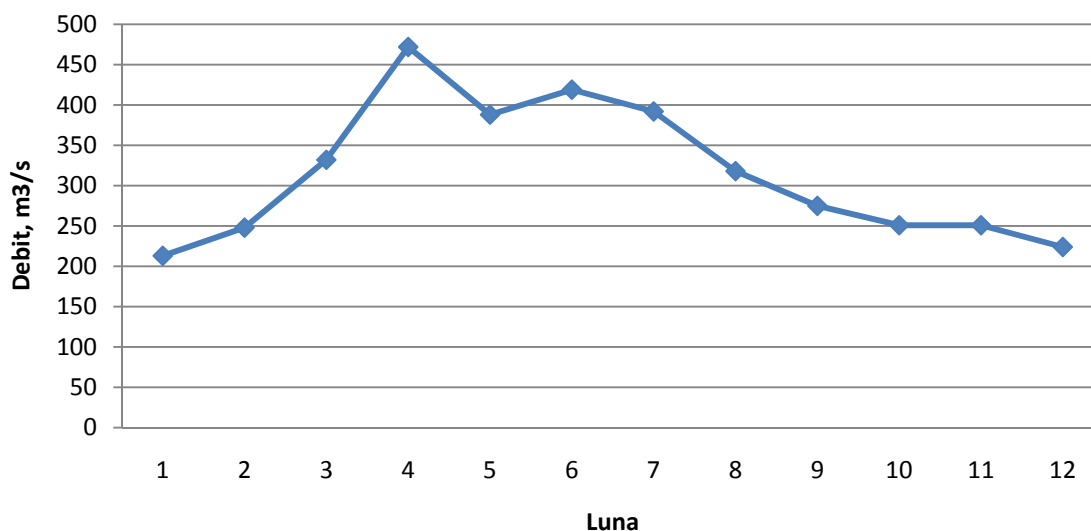


Fig. 1. Debite medii lunare multianuale. Râul Nistru, postul hidrometric Hrușca

Regimul scurgerii r. Nistru la intrare pe teritoriul țării este regularizat de lacul de acumulare Dnestrovsk de pe teritoriul Ucrainei. Totuși în regim se evidențiază ape mari de primăvară bine exprimate și scurgere sporită în perioada de vară continuată cu etiaj de toamnă-iarnă. Fenomenul apelor mari de primăvară începe din februarie-martie, se finisează în mai.

Pentru analiza compoziției chimice a r. Nistru s-a utilizat suma ionilor (mineralizarea), sulfatii și duritatea apei din probele colectate la postul hidrometric Hrușca în intervalul de timp 1992-2010 – în total 67 probe (fig. 2).

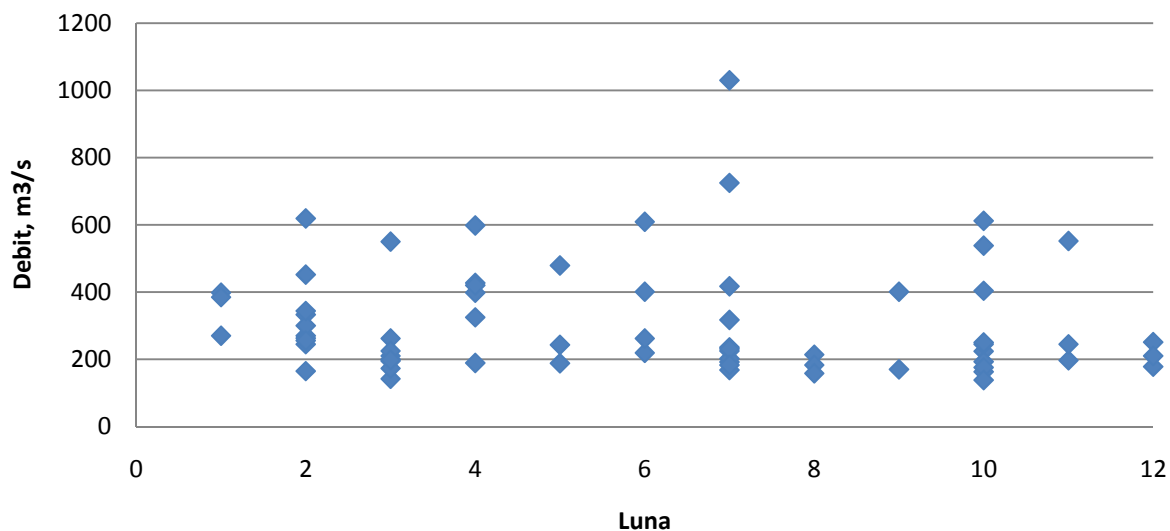


Fig. 2. Debite medii diurne la data prelevării probei (conform lunii prelevării). Râul Nistru, postul hidrometric Hrușca (1992-2010)

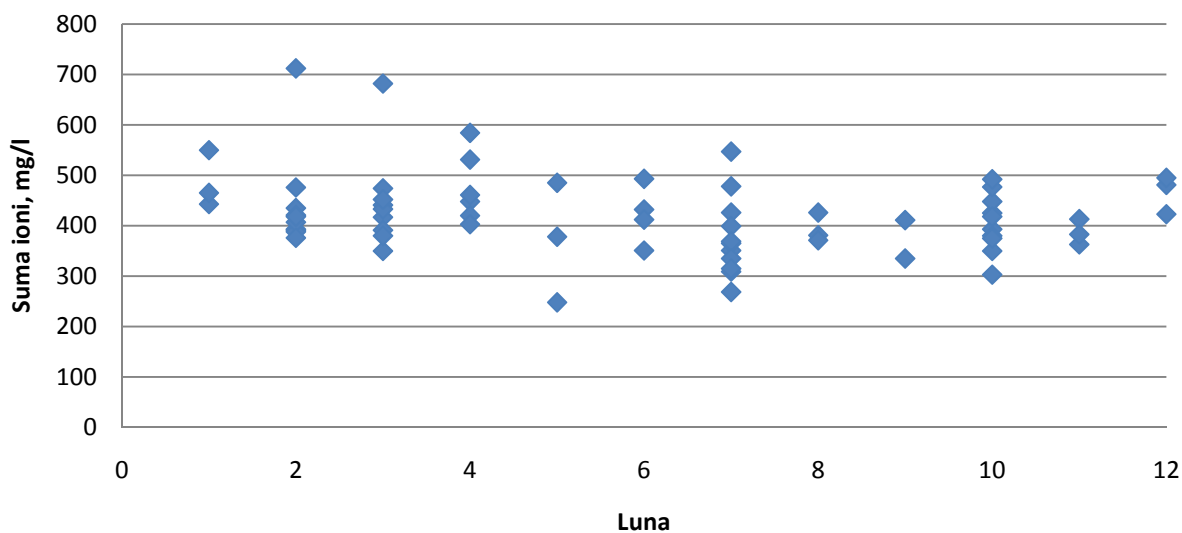


Fig. 3. Suma ionilor. Probe prelevate (conform lunii prelevării) în râul Nistru, postul hidrometric Hrușca (1992-2010)

Evidențierea posibilei dependențe între debite și mineralizare poate fi obținută prin construcția curbelor integrale suprapuse (fig. 4).

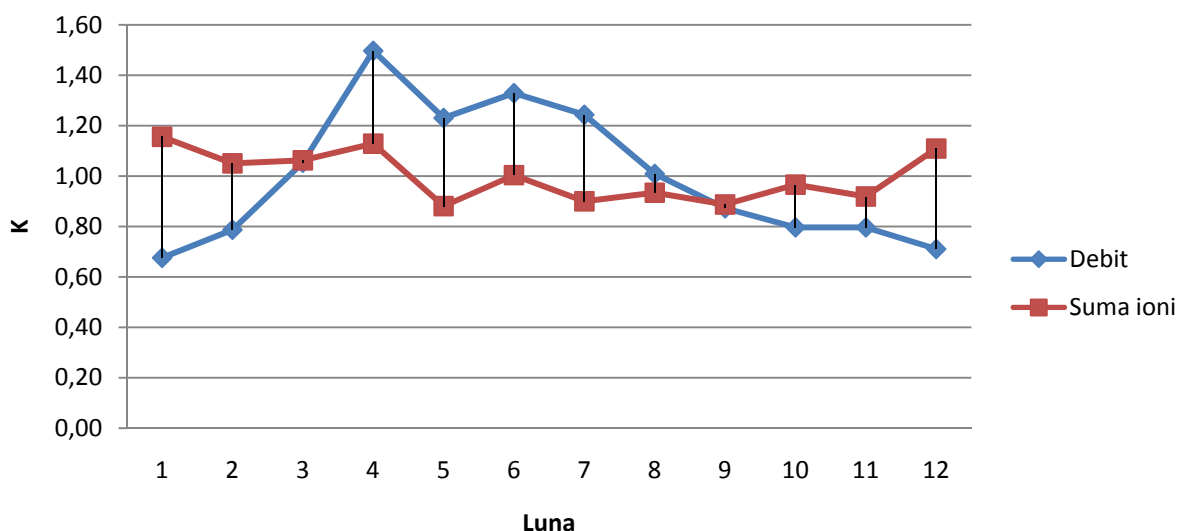


Fig. 4. Mersul anual al debitului de apă și sumei ionilor exprimat în coeficienți moduli. Râul Nistru, postul hidrometric Hrușca (1992-2010). Aici K – coeficienți moduli ai debitelor și sumei ionilor

Din grafic observăm că legitatea ape mari – mineralizare mică și invers în perioada apelor mari nu se manifestă vădit, doar în faza cu ape mici. Acest fenomen are câteva explicații:

1. Este mare impactul antropic asupra regimului scurgerii r. Nistru prin regularizarea ei de către lacul de acumulare Dnestrovsk, de pe teritoriul Ucrainei. Practic din lac se deversează apă cu o mineralizare relativ constantă, de aceea debitele mari nu condiționează mineralizare mică;
2. Numărul de probe ale calității apei este repartizat în timpul anului neuniform. Desigur aceasta își are amprenta sa asupra calității informației (tab. 1);
3. Compararea debitelor cu mineralizarea apei se efectuează pentru localizări diferite în spațiu, cu toate că aproape una de alta: debitele de apă se măsoară la postul hidrometric Hrușca, iar chimismul apei în amonte de or. Camenca. Distanța dintre ele este de 35 km.

Dacă ținem să obținem o funcție de regresie ea ne va oferi rezultatele respective (fig. 5).

Tabelul 1

Numărul de probe prelevate lunar în amonte de or. Camenca în perioada anilor 1992-2010

Luna	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	total
Nr. probe	3	10	9	6	3	4	10	13	2	10	3	3	67

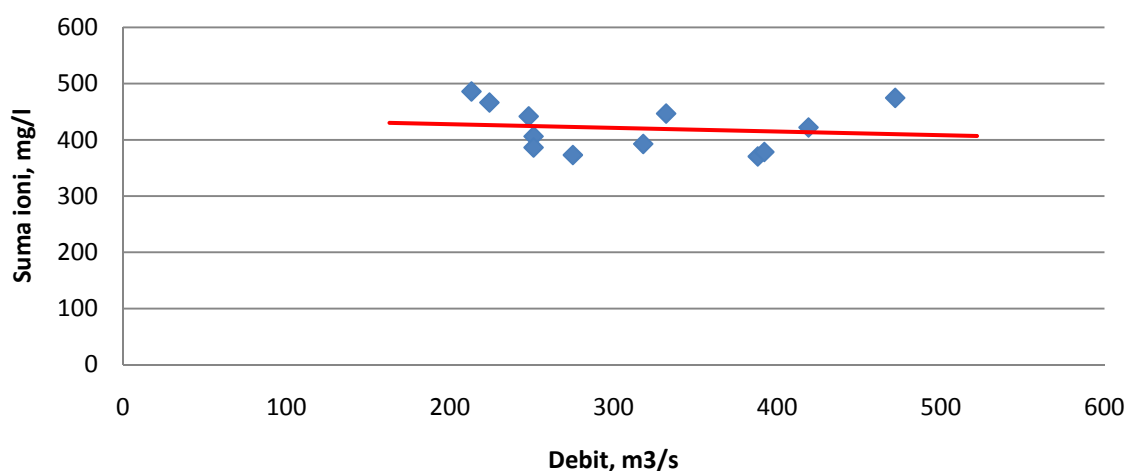


Fig. 5. Regresia liniară a sumei ionilor și debitului de apă medii lunare. Râul Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari (1992-2010)

Regresia liniară a funcției  $M=f(Q)$  se descrie prin formula  $Y = -0,064X + 440,7$ , unde  $Y$  – suma ioni medie lunară și  $X$  – debitul mediu lunar de apă,  $R^2 = 0,017$ . Coeficientul de corelare  $R = 0,13$ . P-value ( $p$ ) = 0,6861.

Reieșind din valorile care le obținem în rezultatul analizei statistice nu putem face prognoze ale mineralizării în baza debitelor medii lunare din tot anul pentru acest sector.

Făcând o abstracție de calitatea informației primare și regularizarea scurgerii încercăm să analizăm dependența mineralizării de debit în perioada apelor mici, pentru lunile I, II, IX-XII. Această perioadă de etiaj are o scurgere stabilă mai puțin influențată antropic. Respectiv și parametrii corelați oferă rezultate bune (fig. 6).

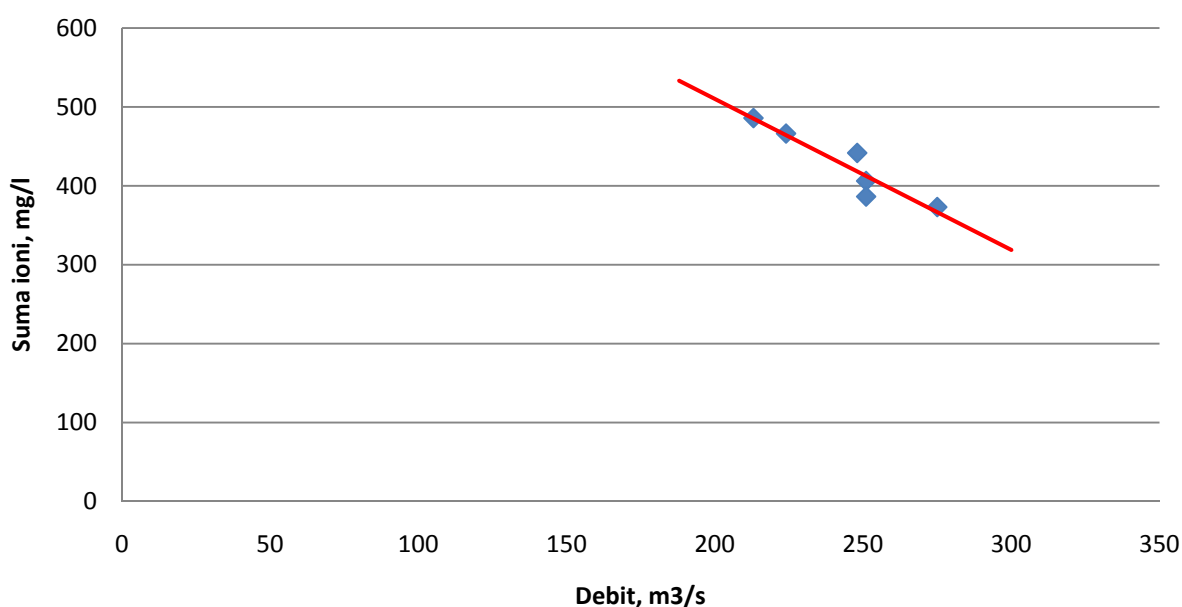


Fig. 6. Regresia liniară a sumei ionilor și debitului de apă medii lunare în perioada de etiaj. Râul Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari (1992-2010)

În acest caz regresia liniară se descrie prin formula  $Y = -1,914X + 893,1$ ,  $R^2 = 0,871$ , coeficientul de corelare  $R = 0,93$ , P-value ( $p$ ) = 0,0065. Parametrii statistici obținuți pentru faza de etiaj permit prognozarea mineralizării în funcție de debitul apei din râu pe acest sector. Debitul mediu anual de apă al râului Nistru aici constituie  $315 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Conform scenariilor climatice SRES A2, A1B și B1 perioada anilor 2010-2039, 2040-2069 și 2070-2079 se caracterizează prin micșorarea scurgerii medii anuale a r. Nistru ([http://www.meteo.md/metodf\\_karti.htm](http://www.meteo.md/metodf_karti.htm)). Deci putem afirma că metoda propusă poate oferi rezultate satisfăcătoare în aprecierea mineralizării apei r. Nistru în baza debitelor pentru faza de etiaj, amonte de lacul de acumulare Dubăsari.

În faza de etiaj au fost prelevate 29 probe ale calității apei în perioada anilor 1992-2010 în amonte de or. Camenca.

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

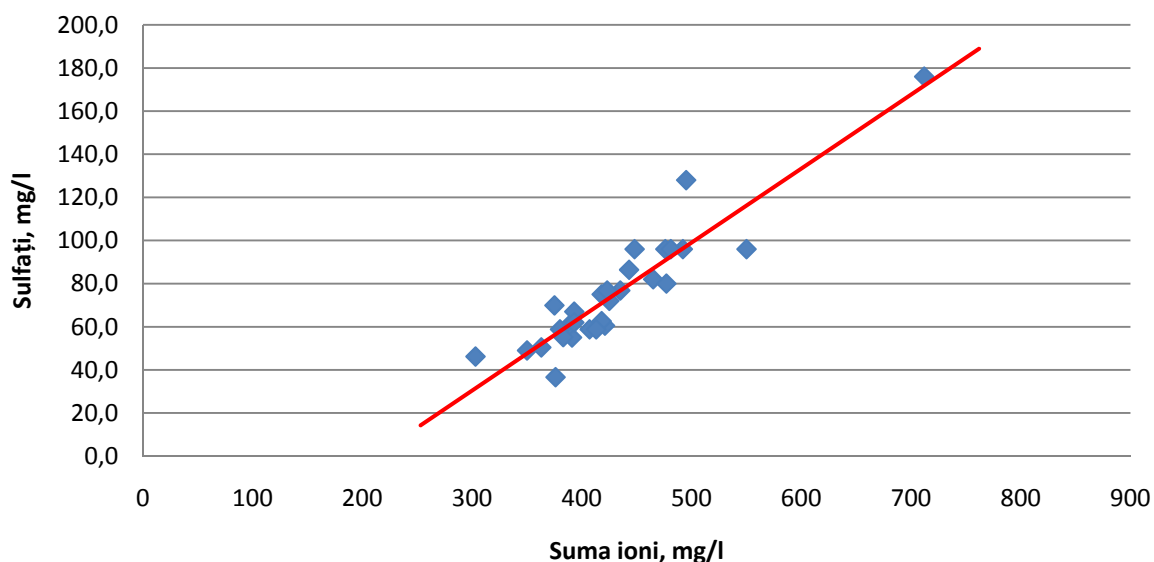


Fig. 7. Regresia liniară a dependenței sulfatilor de suma ioni. Râul Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari (1992-2010)

Această funcție de regresie liniară se exprimă prin formula  $Y = 0,343X - 72,45$ , unde Y reprezintă sulfatii, mg/l iar X – suma ionilor, mg/l,  $R^2 = 0,854$ . Coeficientul de corelare  $R=0,92$ , P-value ( $p$ ) = 0,000.

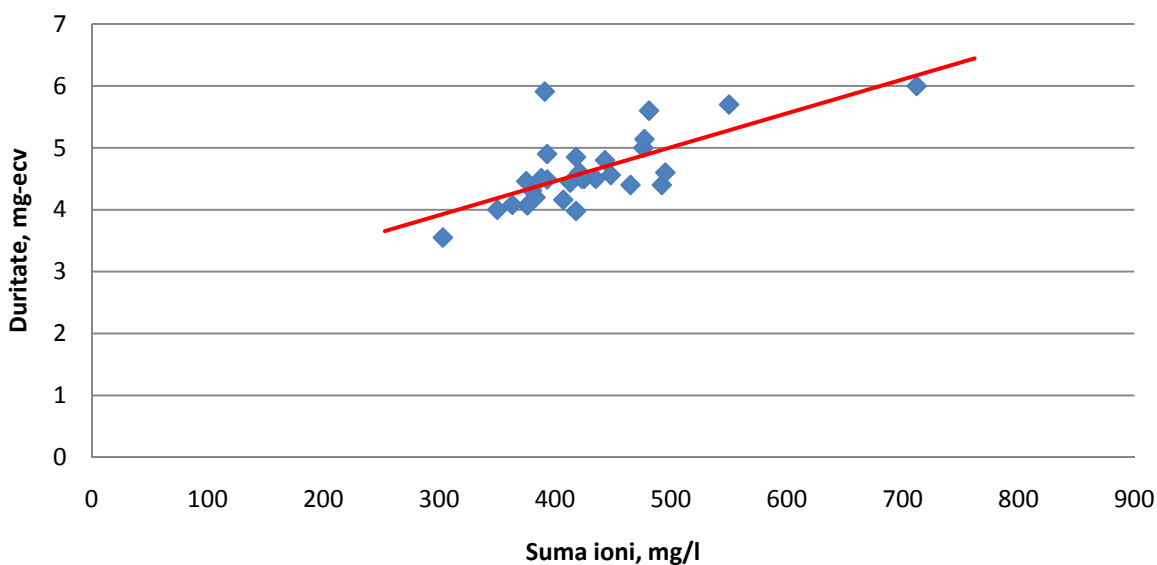


Fig. 8. Regresia liniară a dependenței duriității de suma ioni. Râul Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari (1992-2010)

Această funcție de regresie liniară se exprimă prin formula  $Y = 0,005X + 2,266$ , unde Y duritatea, mg-ecv, iar X – suma ionilor, mg/l,  $R^2 = 0,491$ . Coeficientul de corelare  $R=0,70$ , P-value ( $p$ ) = 0,000.

Ambele grafice (fig. 7, 8) permit prognozarea valorilor propuse.

În lucrarea [http://www.meteo.md/metodf\\_karti.htm](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). Din stratul scurgerii climatice se calculează și debitul respectiv. Utilizând metodologia propusă anterior s-a calculat compoziția chimică a apei conform scenariilor nominalizate, tab. 2.

Tabelul 2\*

Scurgera și compoziția chimică a apei r. Nistru în amonte de lacul de acumulare Dubăsari conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Scenariul	2010-2039					2040-2069					2070-2099				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	134	229	455	83,8	4,5	96,5	149	608	136	5,3	64,5	100	703	169	5,8
A1B	123	215	481	92,7	4,7	108	167	574	125	5,1	85,4	132	641	147	5,5
B1	135	230	452	82,7	4,5	127	196	517	105	4,9	111	172	564	121	5,1

\* Notă:

Indicatorul	Media contemporană
Y – strat al scurgerii, mm	204
Q – debit de apă, m <sup>3</sup> /s	315
M – mineralizare (suma ioni), mg/l, etiaj	431
S – sulfatți, mg/l, etiaj	75,3
D – duritate, mg-ecv, etiaj	4,6

Tabelul 3

Variația scurgerii și compoziției chimice a apei r. Nistru în amonte de lacul de acumulare Dubăsari conform scenariilor SRES A2, A1B și B1, % 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	-34	-27	6	11	-1	-53	-53	41	81	15	-68	-68	63	124	26
A1B	-40	-32	12	23	2	-47	-47	33	65	12	-58	-58	49	96	19
B1	-34	-27	5	10	-2	-38	-38	20	39	6	-45	-45	31	61	11

Din cele analizate deducem pentru acest sector:

- Volumul scurgerii medii anuale scade pentru toate intervalele de timp analizate, cel mai dur pentru scenariul A2, de la 27% în anii 2010-2039 până la 68% în 2070-2099 față de norma contemporană;
- Chiar și în cazul scenariului cel mai optimist B1 volumul scurgerii medii anuale se va micșora – 27% din cea contemporană către anii 2070-2099;
- Respectiv mineralizarea crește de la 6% la 63% pentru scenariul A2 și de la 5% la 61% pentru B1 în 2080. Cu toate acestea suma ionilor se încadrează în limitele CMA – 1000 mg/l.;
- Sulfatții la fel manifestă tendința de creștere de la 11% la 124%, adică practic se dublează către anii 2080 în cazul scenariului A2 și de la 10% la 61% în 2070-2099 pentru scenariul B1. În limitele CMA (100 mg/l) ei sunt doar în cazul celor trei scenarii pentru anii 2010-2039, apoi ei depășesc valoarea concentrației maxime admisibile pentru restul perioadelor analizate.
- Duritatea este permanent în limitele normei CMA – sub 10 mg-ecv, și este în mică scădere de la -1% în 2010-2039 până la 26% în 2070-2099 pentru A2 și de la -2% la 11% pentru B1.
- În intervalul anilor 2010-2039 cel mai dur scenariu s-a dovedit a fi A1B pentru toți componenții analizați.

### Temperatura și oxigenul dizolvat

Pentru analiza temperaturii și oxigenului dizolvat s-au folosit datele din prelevările probelor pentru anii 1984, 1990-2007 în amonte de or. Camenca, în total – 79 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  $R = 0,92$  și  $P\text{-value} (p) = 0,000$ . În linii generale ea poate fi caracterizată prin valori mici a oxigenului dizolvat la temperaturi înalte și invers.

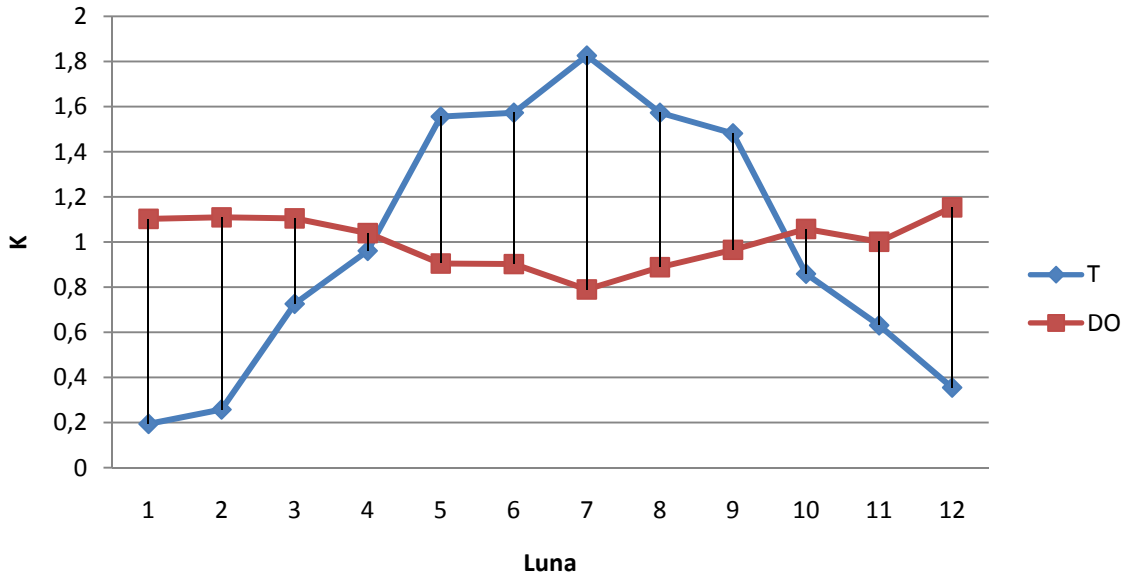


Fig. 9. Mersul anual al temperaturii apei și oxigenului, valori medii. Râul Nistru, amonte de or. Camenca. Aici K – coeficienți moduli ai temperaturilor și oxigenului dizolvat

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

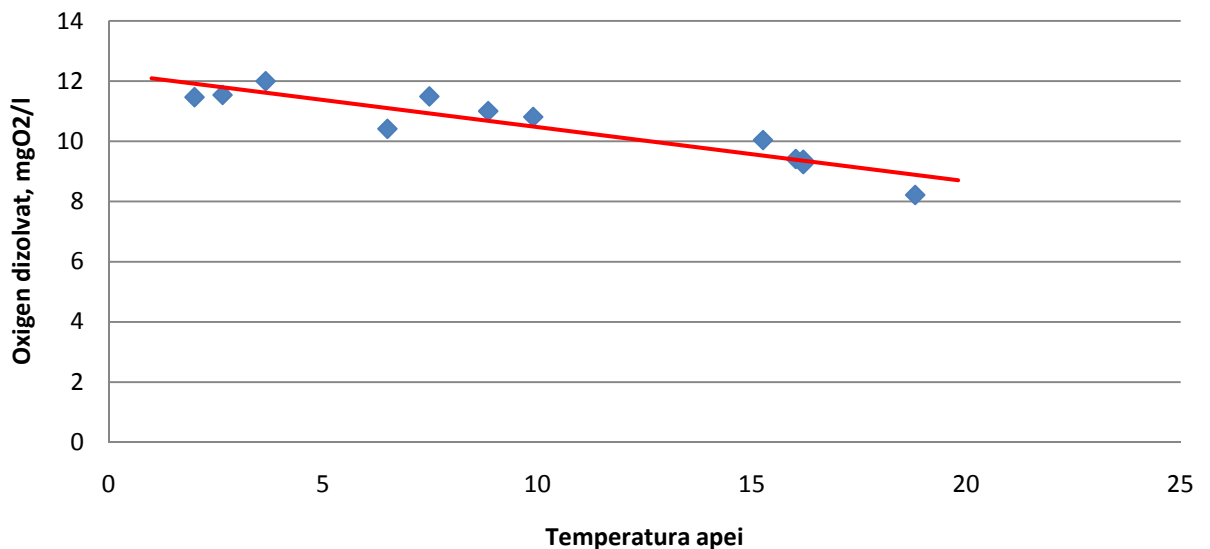


Fig.10. Regresia funcției  $T=f(DO)$ . Amonte de or. Camenca

Această funcție matematic se descrie prin modelul  $DO = -0,180T + 12,27$ .  $R^2 = 0,856$ .

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

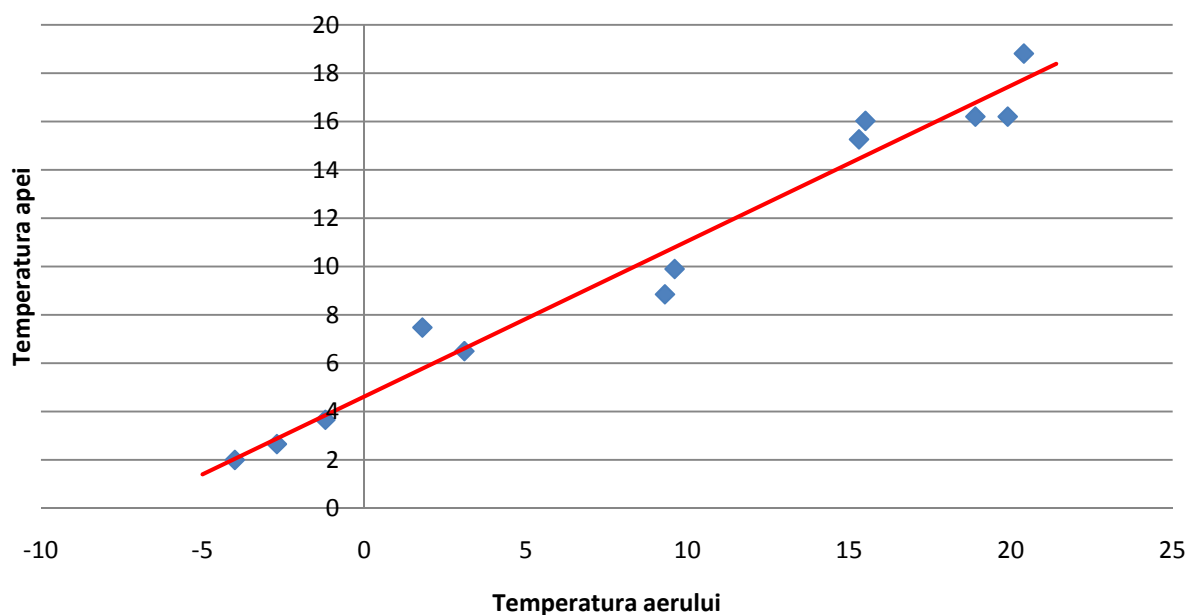


Fig.11. Regresia funcției  $T_{\text{apar}}=f(T_{\text{aer}})$ . Amonte de or. Camenca

Această funcție se descrie prin formula  $T_{\text{apa}}=0,643T_{\text{aer}}+4,617$ .  $R=0,98$ ,  $R^2=0,968$ ,  $P\text{-value}(p)=0,000$ .

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 a apei din râu (tab 4).

Tabelul 4

Temperatura apei r. Nistru în amonte de lacul de acumulare Dubăsari 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	2,3	3,1	6,2	11,1	14,5	16,5	17,5	17,1	14,8	11,0	7,1	4,3	10,5
	A1B	2,2	3,1	6,2	11,0	14,6	16,8	17,7	17,3	14,6	10,9	7,1	4,2	10,5
	B1	2,4	3,2	6,2	11,0	14,6	16,7	17,6	17,3	14,6	10,9	6,9	4,1	10,5
2040-2069	A2	3,9	4,5	6,8	11,8	15,2	17,3	18,3	18,1	15,7	11,8	7,8	5,3	11,4
	A1B	3,3	4,3	7,1	11,9	15,3	17,5	18,8	18,4	15,7	11,7	7,8	4,9	11,4
	B1	3,1	4,0	6,9	11,4	15,0	17,2	18,2	17,9	15,2	11,4	7,4	4,5	11,0
2070-2099	A2	4,7	5,5	8,0	12,5	15,8	18,2	19,7	19,5	17,1	12,8	8,9	6,3	12,4
	A1B	4,1	5,0	7,7	12,5	15,9	18,2	19,3	19,1	16,4	12,2	8,3	5,6	12,0
	B1	3,7	4,2	6,9	11,9	15,3	17,5	18,5	18,2	15,6	11,7	7,7	5,1	11,4
1961-1990		1,3	2,4	5,3	10,2	13,9	15,9	16,6	16,3	13,7	10,0	6,3	3,3	9,6

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



Tabelul 5

Oxigenul dizolvat în apa r. Nistru amonte de lacul de acumulare Dubăsari 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	11,9	11,7	11,2	10,3	9,7	9,3	9,1	9,2	9,6	10,3	11,0	11,5	10,4
	A1B	11,9	11,7	11,2	10,3	9,6	9,2	9,1	9,1	9,6	10,3	11,0	11,5	10,4
	B1	11,8	11,7	11,2	10,3	9,6	9,3	9,1	9,2	9,6	10,3	11,0	11,5	10,4
2040-2069	A2	11,6	11,5	11,0	10,2	9,5	9,2	9,0	9,0	9,4	10,2	10,9	11,3	10,2
	A1B	11,7	11,5	11,0	10,1	9,5	9,1	8,9	9,0	9,4	10,2	10,9	11,4	10,2
	B1	11,7	11,6	11,0	10,2	9,6	9,2	9,0	9,1	9,5	10,2	10,9	11,5	10,3
2070-2099	A2	11,4	11,3	10,8	10,0	9,4	9,0	8,7	8,8	9,2	10,0	10,7	11,1	10,0
	A1B	11,5	11,4	10,9	10,0	9,4	9,0	8,8	8,8	9,3	10,1	10,8	11,3	10,1
	B1	11,6	11,5	11,0	10,1	9,5	9,1	8,9	9,0	9,5	10,2	10,9	11,4	10,2
1961-1990		12,0	11,8	11,3	10,4	9,8	9,4	9,3	9,3	9,8	10,5	11,1	11,7	10,5

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 calde a anilor 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. Nistru amonte de lacul de acumulare Dubăsari 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	77	31	16	9	4	4	5	5	8	10	13	30	9
	A1B	72	28	16	8	5	6	6	6	7	9	12	26	9
	B1	87	33	16	8	5	5	6	6	6	9	10	24	9
2040-2069	A2	201	87	28	15	9	9	10	11	14	18	23	59	18
	A1B	156	79	34	16	10	10	13	13	14	17	24	48	18
	B1	136	66	30	12	8	8	10	10	11	14	17	36	14
2070-2099	A2	260	130	50	23	14	14	18	20	25	28	41	91	29
	A1B	216	108	45	22	14	14	17	17	20	22	31	71	25
	B1	181	74	31	16	10	10	11	12	14	17	22	54	18

Din tabelul 6 reiese:

- Temperatura medie lunară a apei din r. Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari 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 87% pentru scenariul B1 în 2010-2049 până la 260% pentru A2 în 2070-2099 în luna ianuarie;
- Cele mai mici creșteri sunt specifice lunilor de vară, de la 4% A2, 2010-2039 până la 10% B1, 2070-2099;
- Pentru intervalul 2010-2039 cel mai dur scenariu este B1. Pentru restul perioadelor – cel mai dur scenariu este A2.

Tabelul 7

Variația oxigenului dizolvat în r. Nistru amonte de lacul de acumulare Dubăsari 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	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-4	-2	-1
	A1B	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-2	-1
	B1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-3	-1	-1
2040-2069	A2	-4	-3	-2	-2	-3	-3	-4	-3	-4	-3	-5	-3	-3
	A1B	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-3	-5	-3	-3
	B1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-2	-2
2070-2099	A2	-5	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-5	-6	-5	-4
	A1B	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-5	-5	-4	-5	-4	-4
	B1	-3	-2	-2	-3	-3	-3	-4	-3	-3	-3	-5	-3	-3

Din tabelele 7 reiese:

- Concentrația oxigenului dizolvat în apa r. Nistru, amonte de lacul de acumulare Dubăsari are tendințe de scădere pentru toată perioada studiată de la -1% (A2, 2010-2039) până la -6% (A2, 2070-2099) față de perioada de referință;

### Aval de lacul de acumulare Dubăsari

Pentru analiza scurgerii r. Nistru în aval de lacul de acumulare Dubăsari s-au utilizat debitele medii diurne, medii lunare și medii multianuale la postul hidrometric Bender (fig. 12-14).

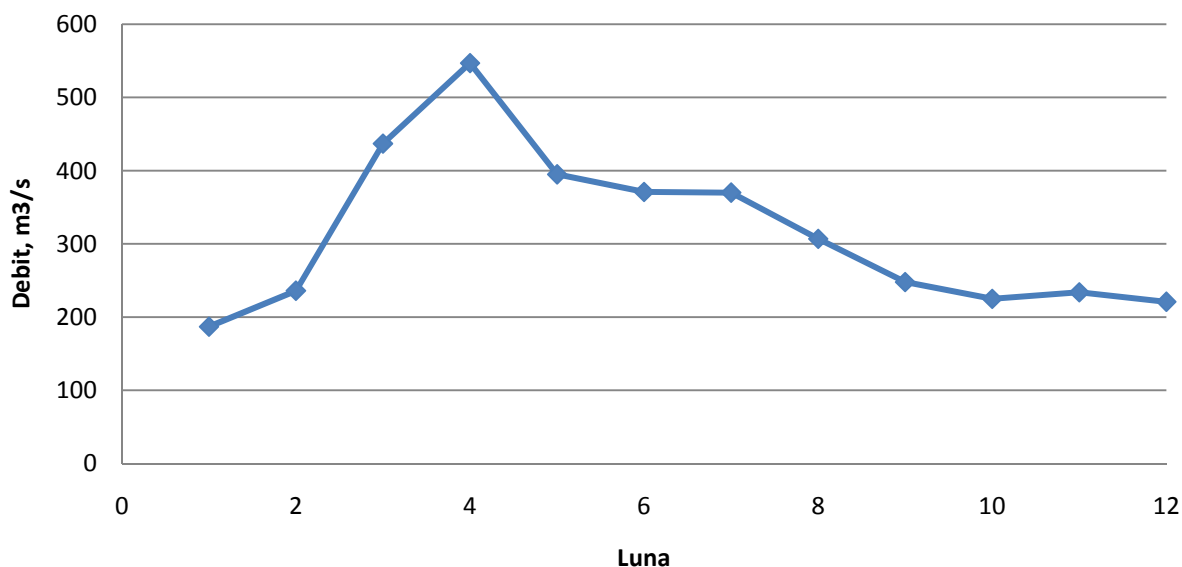


Fig. 12. Debite medii lunare multianuale. Râul Nistru, postul hidrometric Bender

În cursul inferior al r. Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari regimul hidrologic este regularizat de 2 lacuri de acumulare – Dnestrovsk și Dubăsari. Chiar dacă faza apelor mari de primăvară (februarie-aprilie) este bine exprimată, viiturile pluviale pe hidrograful mediu multianual nu se mai evidențiază. Debitul mediu multianual constituie 315 m<sup>3</sup>/s.

Pentru analiza compoziției chimice a r. Nistru aici s-a utilizat suma ionilor (mineralizarea), sulfatii și duritatea apei din probele colectate la postul hidrometric Bender în intervalul de timp 1991-2010 – în total 96 probe (fig. 14).

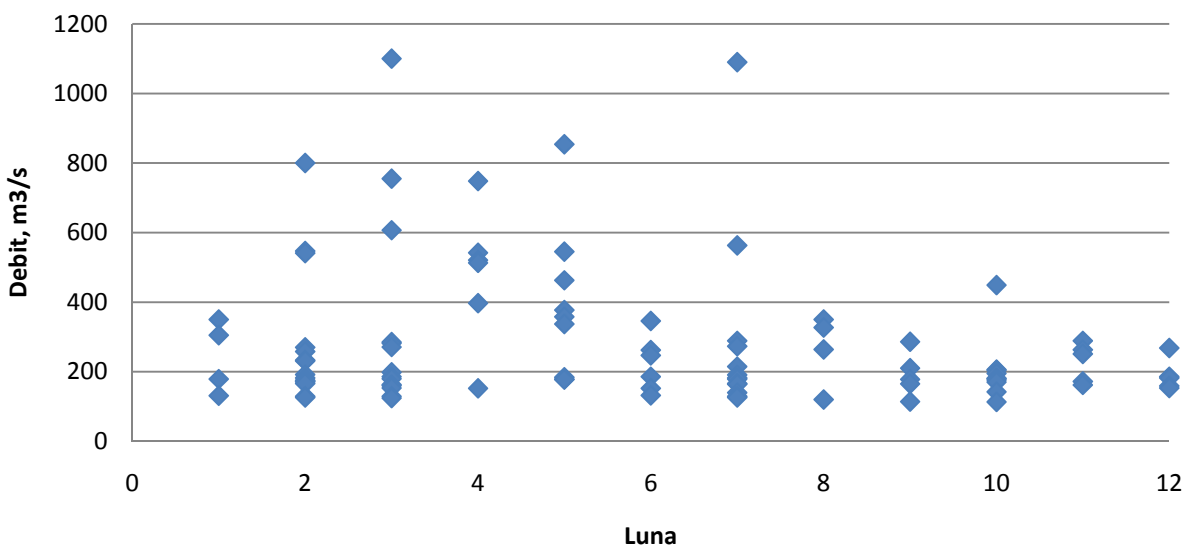


Fig. 13. Debite medii diurne la data prelevării probei (conform lunii prelevării). Râul Nistru, postul hidrometric Bender (1991-2010)

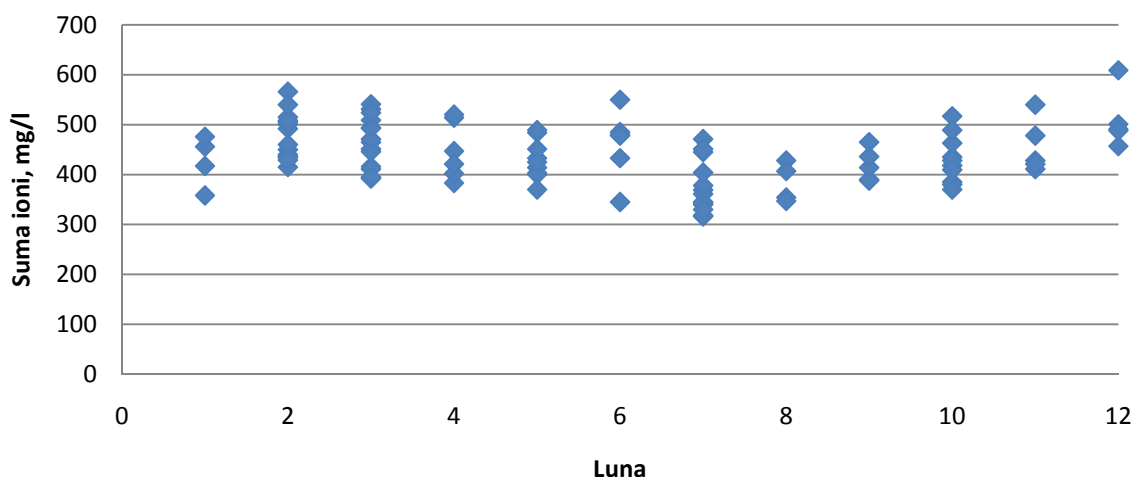


Fig. 14. Suma ionilor. Probe prelevate (conform lunii prelevării) în râul Nistru, postul hidrometric Bender (1991-2010)

Evidențierea posibilei dependențe între debite și mineralizare poate fi obținută prin construcția curbelor integrale suprapuse (fig. 15).

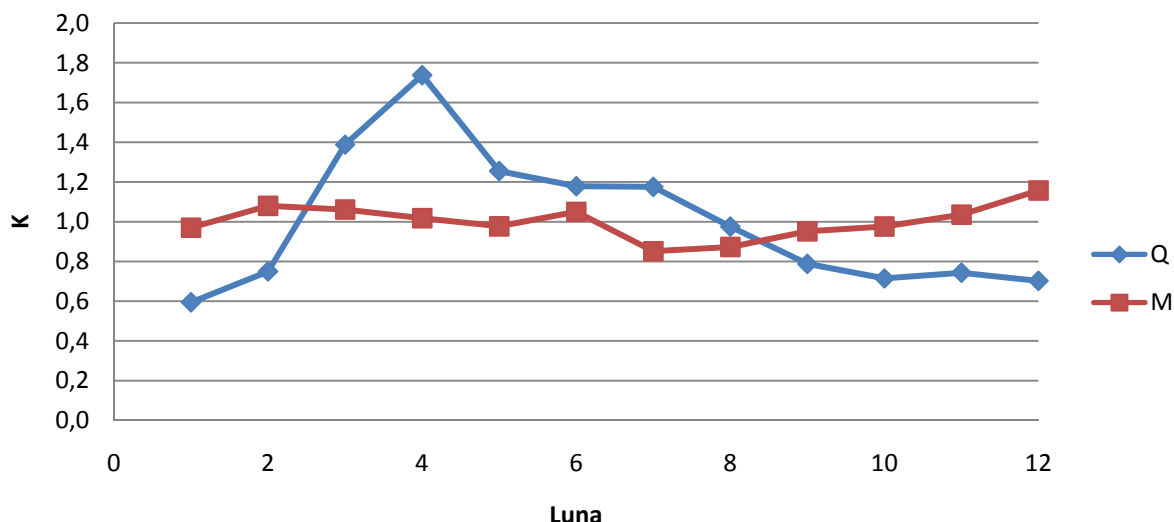


Fig. 15. Mersul anual al debitului de apă și sumei ionilor exprimat în coeficienți moduli. Râul Nistru, postul hidrometric Bender (1991-2010). Aici K – coeficienți moduli ai debitelor și sumei ionilor

Probele se prelevează la 122 km aval de la barajul lacului de acumulare Dubăsari. Pe acest segment afluenți cu debite considerabile nu debușează în Nistru. Râurile Răut, Ichel și Bâc au un volum mic al scurgerii, care aici nu influențează semnificativ mineralizarea r. Nistru. Deci mineralizarea apei r. Nistru nu depinde de regimul natural al scurgerii râului, dare este dependent de volumele de apă deversate de la Dubăsari. Despre aceasta ne vorbesc curbele integrale a debitului și mineralizării medii în care nu se observă legitatea ape mari – mineralizare mică și invers, pe de o parte și amplitudinea mică a oscilației sumei ionilor în cadrul anului (134 mg/l) – pe de altă parte.

Construcția funcției dependenței mineralizării apei de debit oferă o corelare foarte slabă între aceste valori (fig. 16).

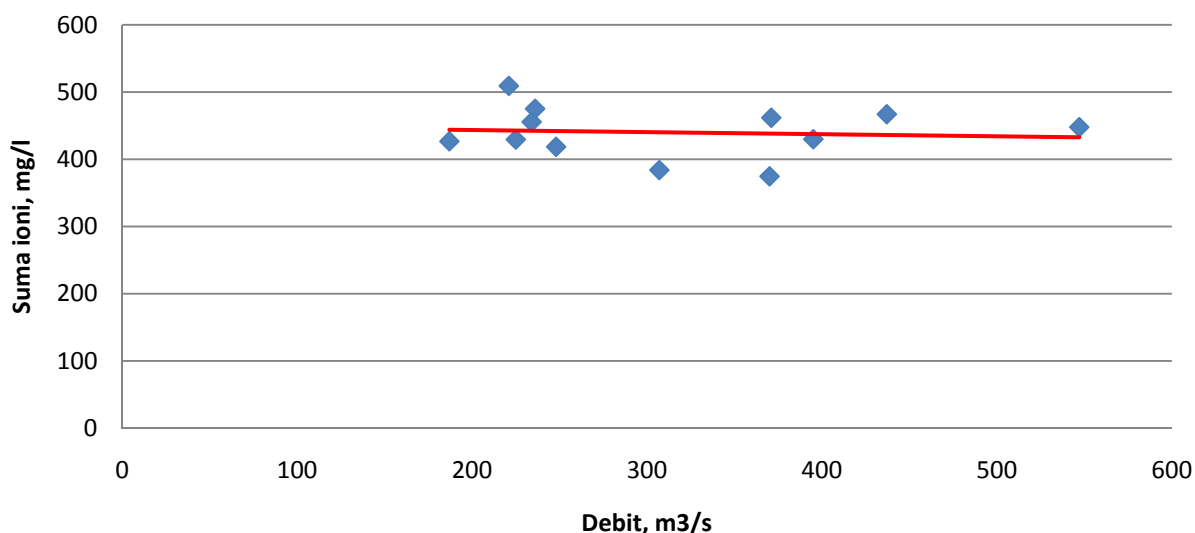


Fig. 16. Regresia liniară a sumei ionilor și debitului de apă medii lunare. Râul Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari, postul hidrometric Bender (1991-2010)

Regresia liniară a funcției  $M=f(Q)$  se descrie prin formula  $Y = -0,030X + 449,7$ , unde  $Y$  – suma ioni medie lunară și  $X$  – debitul mediu lunar de apă,  $R^2 = 0,008$ . Coeficientul de corelare  $R = 0,0895$ . P-value ( $p$ ) = 0,7844.

Analiza statistică ne indică imposibilitatea realizării unei prognoze a mineralizării apei în funcție de debitul mediu al râului pe sectorul cercetat. Se explică aceasta prin influența lacului de acumulare Dubăsari, din care se deversează apă cu mineralizare relativ constantă și debitele mari nu condiționează scăderea mineralizării.

Dacă vom defalca hidrograful anual în segmentele cu ape mari și mici, pentru faza de etiaj se pot obține rezultate mai bune. Pentru analiză s-au selectat lunile cu ape mici și s-a construit curba de regresie pentru această fază (fig. 17).

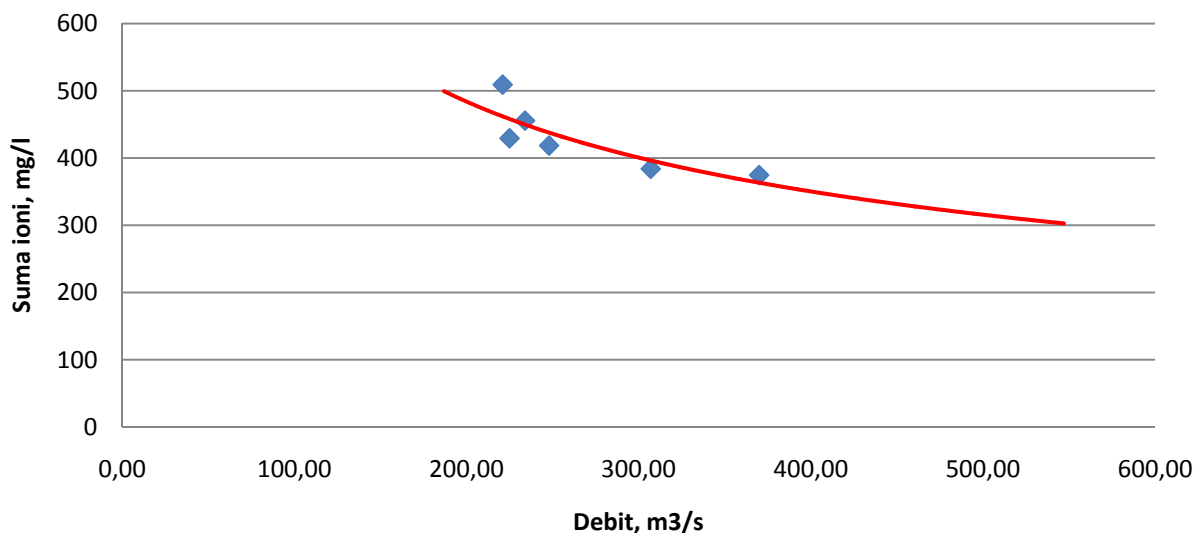


Fig. 17. Regresia la putere a sumei ionilor și debitului de apă medii lunare în perioada de etiaj. Râul Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari (1991-2010)

În acest caz regresia liniară se descrie prin formula  $Y = 5732X^{-0,46}$ ,  $R^2 = 0,722$ , coeficientul de corelare  $R = 0,80$ , P-value ( $p$ ) = 0,054. Parametrii statistici obținuți pentru faza de etiaj permit prognozarea mineralizării în funcție de debitul apei din râu pe acest sector. Debitul mediu anual de apă al râului Nistru aici constituie  $315 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Conform scenariilor climatice A2, A1B și B1 perioada anilor 2020, 2050 și 2080 se caracterizează prin micșorarea scurgerii medii anuale a r. Nistru ([http://www.meteo.md/metodf\\_karti.htm](http://www.meteo.md/metodf_karti.htm)). Deci putem afirma că metoda propusă poate oferi rezultate bune în aprecierea mineralizării apei r. Nistru în baza debitelor pentru faza de etiaj, aval de lacul de acumulare Dubăsari.

În faza de etiaj au fost prelevate 48 probe a calității apei în perioada anilor 1991-2010, 12 km amonte de or. Bender.

Intre mineralizare, conținutul de sulfatați și duritate există o bună corelare care grafic și matematic poate fi prezentată prin funcțiile de regresie (fig. 18, 19).

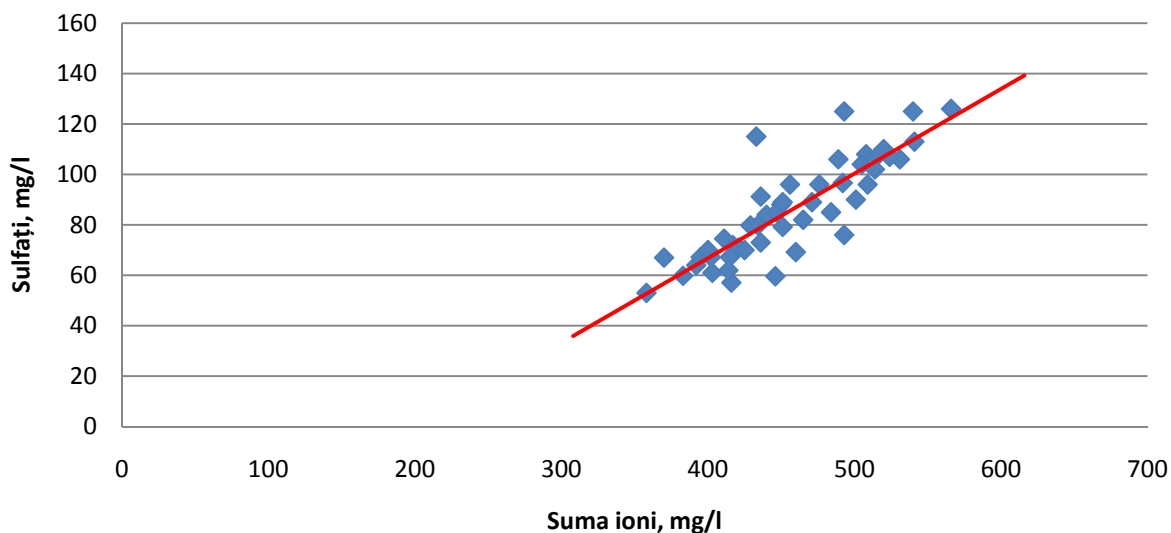


Fig. 18. Regresia liniară a sumei ionilor și sulfataților în perioada de etiaj. Râul Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari (1991-2010)

Această funcție de regresie liniară, construită în baza a 48 probe prelevate în lunile cu ape mici, se exprimă prin formula  $Y = 0,335X - 67,52$ , unde Y reprezintă sulfatații, mg/l iar X – suma ionilor, mg/l,  $R^2 = 0,725$ . Coeficientul de corelare  $R=0,85$ , P-value ( $p$ ) = 0,000.

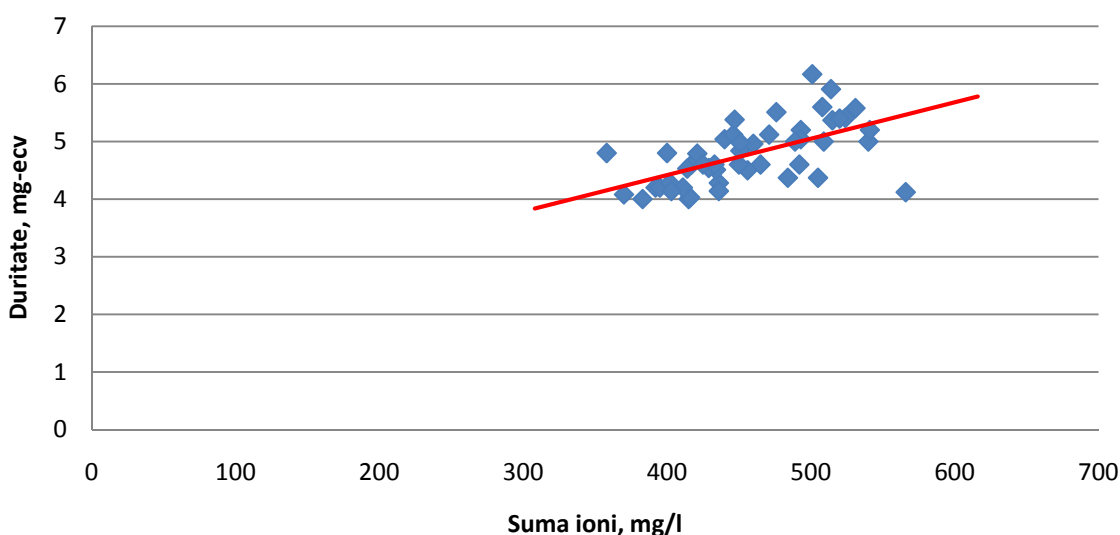


Fig. 19. Regresia liniară a sumei ionilor și durității apei în perioada de etiaj. Râul Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari (1991-2010)

Această funcție de regresie liniară, construită în baza a 48 probe prelevate în lunile cu ape mici, se exprimă prin formula  $Y = 0,006X + 1,89$ , unde Y reprezintă duritatea, mg-ecv iar X – suma ionilor, mg/l,  $R^2 = 0,35$ . Coeficientul de corelare  $R=0,59$ , P-value ( $p$ ) = 0,000.

În lucrarea [http://www.meteo.md/metodf\\_karti.htm](http://www.meteo.md/metodf_karti.htm) s-a calculat și cartat stratul scurgerii climatice contemporan și prognozat pentru diferite scenarii (A2, A1B și B1) ale schimbării climei în trei intervale de timp (2020, 2050 și 2080). Din stratul scurgerii climatice se calculează și debitul respectiv. Utilizând metodologia propusă anterior s-a calculat compoziția chimică a apei conform scenariilor nominalizate, tab. 6.

Tabelul 6\*

Scurgerea și compoziția chimică a apei r. Nistru în aval de lacul de acumulare Dubăsari conform scenariilor SRES A2, A1B și B1

Scenariul	2020					2050					2080				
	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D	Y	Q	M	S	D
A2	94	197	517	104,7	4,8	66,7	140	626	142	5,4	43,77	92	718	174	5,9
A1B	86	180	549	115,7	5,0	74,8	157	593	131	5,2	58,55	123	658	153	5,6
B1	93	196	519	105,4	4,9	89,0	187	536	111	4,9	77,00	162	582	127	5,2

\* Notă:

Indicatorul	Media contemporană
Y – strat al scurgerii climatice, mm	150
Q – debit de apă, m <sup>3</sup> /s	315
M – mineralizare (suma ioni), mg/l, etiaj	441
S – sulfați, mg/l, etiaj	84,9
D – duritate, mg-ecv, etiaj	4,62

În tabelul 7 indicatorii analizați au fost calculați în procente față de valorile contemporane

Tabelul 7

Variația scurgerii și compoziției chimice a apei r. Nistru în aval de lacul de acumulare Dubăsari conform scenariilor SRES A2, A1B și B1, % 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	-37	-38	17	23	5	-56	-56	42	67	17	-71	-71	63	105	27
A1B	-43	-43	24	36	8	-50	-50	34	54	13	-61	-61	49	81	20
B1	-38	-38	18	24	5	-41	-41	22	31	7	-48	-48	32	50	12

Din cele analizate deducem pentru acest sector:

- Volumul scurgerii medii anuale scade pentru toate intervalele de timp analizate, cel mai dur pentru scenariul A2, de la 38% în anii 2010-2039 până la 71% în 2070-2099 față de norma contemporană;
- Chiar și în cazul scenariului cel mai optimist B1 volumul scurgerii medii anuale se va micșora cu 48% din cea contemporană către anii 2080;
- Respectiv mineralizarea crește de la 17% la 63% pentru scenariul A2 și de la 18% la 32% pentru scenariul B1 în 2070-2099. Cu toate acestea suma ionilor se încadrează în limitele CMA – 1000 mg/l.;
- Sulfații la fel manifestă tendința de creștere de la 23% la 105%, adică practic se dublează către anii 2070-2099 în cazul scenariului A2 și de la 24% la 50% în 2070-2099 pentru scenariul B1. În toate cazurile ei depășesc valoarea concentrației maxime admisibile – 100 mg/l.
- Duritatea este permanent în limitele normei CMA – sub 10 mg-ecv, și este în mică creștere de la 5% în 2010-2039 până la 27% în 2070-2099 pentru A2 și de la 5% la 12% pentru B1.

- În intervalul anilor 2010-2039 cel mai dur scenariu s-a dovedit a fi A1B pentru toți componenții analizați.

### Temperatura și oxigenul dizolvat

Pentru analiza temperaturii și oxigenului dizolvat s-au folosit datele din prelevările probelor pentru anii 1984, 1990-2007 în amonte de or. Bender, în total – 172 probe.

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

Între ele se observă o dependență sigură (fig. 20). Nivelul de corelare  $R = 0,99$  și , P-value ( $p$ ) = 0,000. În linii generale ea poate fi caracterizată prin valori mici ale oxigenului dizolvat la temperaturi înalte și invers.

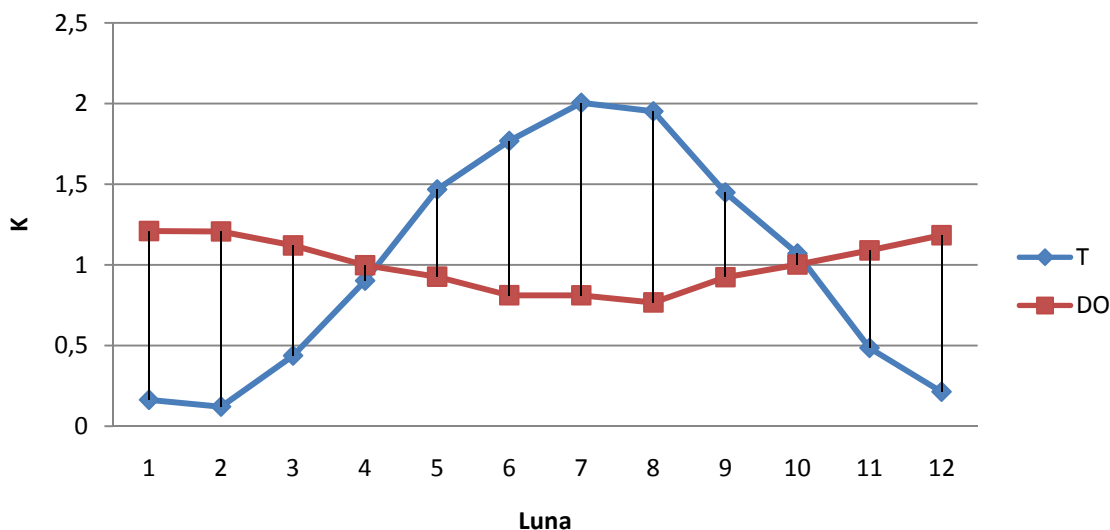


Fig. 20. Mersul anual al temperaturii apei și oxigenului, valori medii. Râul Nistru, amonte de or. Bender. Aici K – coeficienți moduli a temperaturilor și oxigenului dizolvat

Regresia liniară a funcției temperatura apei – oxigen dizolvat poate fi prezentată grafic, fig. 21.

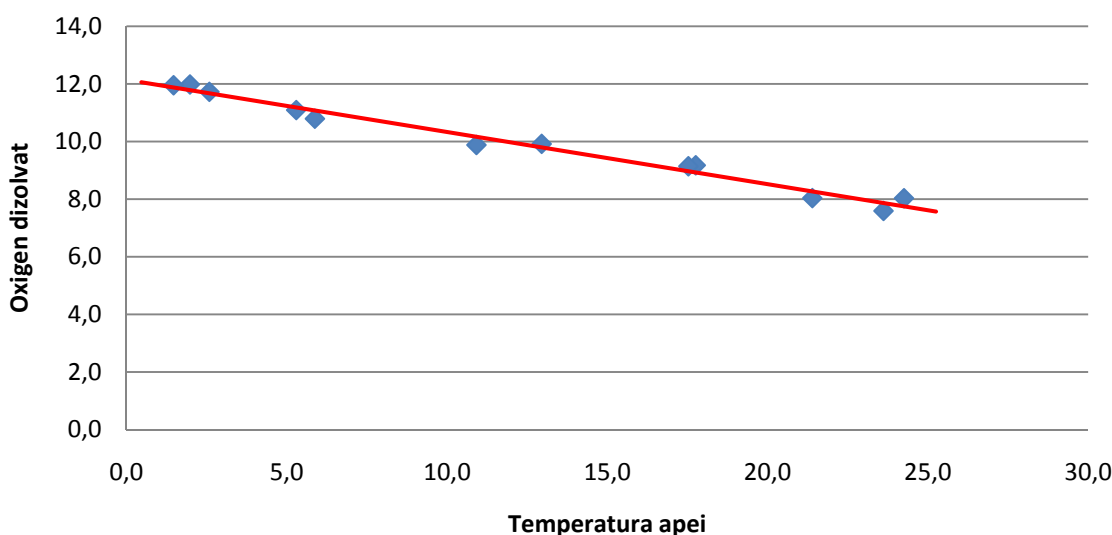


Fig.21. Regresia funcției  $T=f(DO)$ . Amonte de or. Bender

Această funcție matematic se descrie prin modelul  $DO = -0,181T + 12,14$ .  $R^2 = 0,980$ .

Temperatura apei depinde de temperatura aerului. Pentru descrierea acestei funcții s-au folosit datele temperaturii medii a aerului la stația meteorologică Tiraspol (fig. 22).



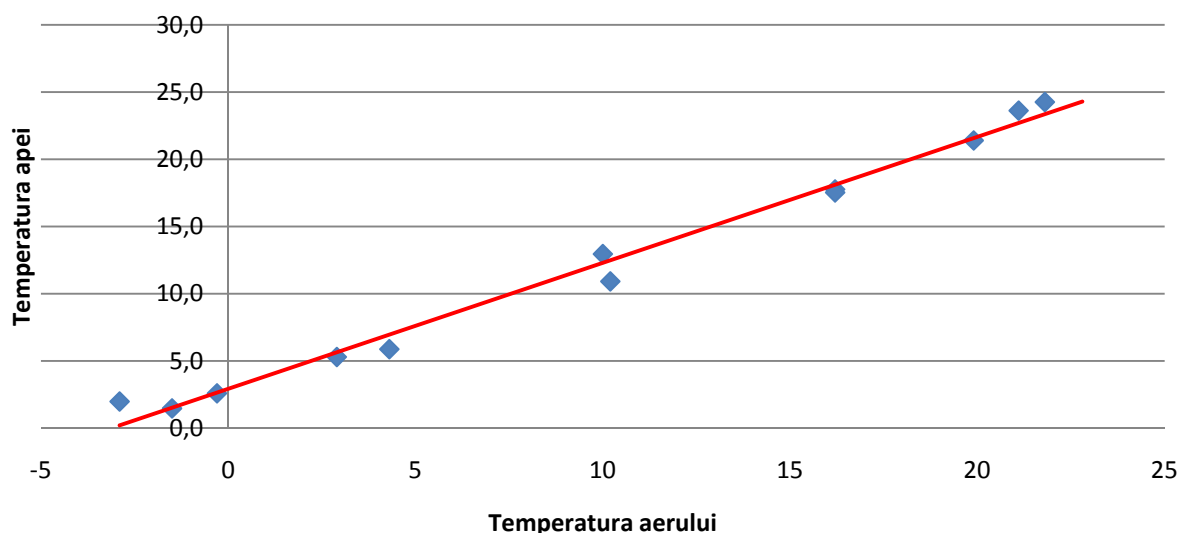


Fig.22. Regresia funcției  $T_{\text{apa}}=f(T_{\text{aer}})$ . Amonte de or. Bender

Această funcție se descrie prin formula  $T_{\text{apa}}=0,937T_{\text{aer}}+2,927$ .  $R=0,99$ ,  $R^2=0,988$ ,  $P\text{-value}(p)=0,000$ .

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 a apei din râu (tab 8).

Tabelul 8

Temperatura apei r. Nistru în aval de lacul de acumulare Dubăsari 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	1,3	2,4	6,7	13,3	18,7	22,2	24,0	23,6	20,1	14,4	8,4	3,4	13,2
	A1B	1,3	2,6	7,0	13,8	18,9	22,5	24,3	23,9	20,1	14,4	8,6	3,7	13,4
	B1	1,6	2,7	7,0	13,8	18,9	22,4	24,1	23,9	20,0	14,4	8,4	3,7	13,4
2040-2069	A2	3,0	4,0	7,5	14,4	19,6	23,4	25,6	25,4	21,4	15,4	9,3	4,6	14,5
	A1B	2,6	4,0	8,3	14,9	19,9	23,7	25,9	25,6	21,5	15,6	9,6	4,7	14,7
	B1	2,4	3,7	7,8	14,4	19,4	23,2	25,0	24,9	20,9	15,1	9,0	4,2	14,2
2070-2099	A2	4,1	5,4	9,1	15,7	20,8	25,2	27,9	27,5	23,4	17,0	10,9	5,9	16,0
	A1B	3,7	4,9	9,1	15,8	20,7	24,8	26,9	26,6	22,7	16,2	10,2	5,6	15,7
	B1	3,0	4,0	8,1	15,0	19,9	23,6	25,7	25,4	21,5	15,6	9,5	5,0	14,6
1961-1990		0,1	1,3	5,6	12,5	18,0	21,1	22,5	22,1	18,1	12,4	7,0	2,6	11,9

Utilizând regresia din figura 11 calculăm valorile oxigenului dizolvat, tab. 9.

Tabelul 9

Concentrația oxigenului dizolvat în apa r. Nistru în aval de lacul de acumulare Dubăsari 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	11,9	11,7	10,9	9,7	8,8	8,1	7,8	7,9	8,5	9,5	10,6	11,5	9,7
	A1B	11,9	11,7	10,9	9,6	8,7	8,1	7,7	7,8	8,5	9,5	10,6	11,5	9,7
	B1	11,8	11,6	10,9	9,6	8,7	8,1	7,8	7,8	8,5	9,5	10,6	11,5	9,7
2040-2069	A2	11,6	11,4	10,8	9,5	8,6	7,9	7,5	7,5	8,3	9,4	10,5	11,3	9,5
	A1B	11,7	11,4	10,6	9,4	8,5	7,8	7,5	7,5	8,3	9,3	10,4	11,3	9,5
	B1	11,7	11,5	10,7	9,5	8,6	7,9	7,6	7,6	8,4	9,4	10,5	11,4	9,6
2070-2099	A2	11,4	11,2	10,5	9,3	8,4	7,6	7,1	7,2	7,9	9,1	10,2	11,1	9,2
	A1B	11,5	11,3	10,5	9,3	8,4	7,7	7,3	7,3	8,0	9,2	10,3	11,1	9,3
	B1	11,6	11,4	10,7	9,4	8,5	7,9	7,5	7,5	8,3	9,3	10,4	11,2	9,5
1961-1990		12,1	11,9	11,1	9,9	8,9	8,3	8,1	8,1	8,9	9,9	10,9	11,7	10,0

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 calde a anilor pentru toate trei scenarii și pentru toate intervalele de timp.

Pentru a înlesni perceperea rezultatelor obținute, în tabelele 10 (variația temperaturii apei) și 11 (variația conținutului oxigenului dizolvat) aceleași valori sunt prezentate în % față de anii de referință.

Tabelul 10

Variația temperaturii apei r. Nistru aval de lacul de acumulare Dubăsari 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	1234	82	19	7	4	5	7	7	11	16	19	31	11
	A1B	1234	96	26	10	5	7	8	8	11	16	23	41	13
	B1	1515	111	26	10	5	6	7	8	10	16	19	41	13
2040-2069	A2	2921	204	34	15	9	11	14	15	18	24	33	77	21
	A1B	2546	204	48	19	10	12	15	16	19	26	37	81	24
	B1	2265	183	39	15	8	10	11	12	16	22	29	63	19
2070-2099	A2	4045	313	63	25	16	20	24	24	30	37	56	128	35
	A1B	3577	277	63	26	15	17	20	21	25	31	46	117	32
	B1	2921	204	44	20	10	12	14	15	19	26	36	92	23

Din tabelul 10 reiese:

- Temperatura medie lunară a apei din r. Nistru, aval de lacul de acumulare Dubăsari 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 a anului, de la 1515% pentru scenariul B1 în 2010-2049 până la 4045% pentru A2 în 2070-2099 în luna ianuarie. În perioada anilor 1961-1990 temperatura medie a apei era de 0,1°C, iar în perioadele analizate ajunge la 4,1°C (scenariul A2, 2070-2099). În prezent media pentru perioada de prelevare a probelor este 2,0°C;
- Cele mai mici creșteri sunt specifice lunilor de vară, de la 4% A2, 2010-2039 până la 10% B1, 2070-2099;

Tabelul 11

Variația concentrației oxigenului dizolvat în apa r. Nistru aval de lacul de acumulare Dubăsari 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	20	18	10	-2	-12	-18	-21	-21	-14	-4	7	16	-2
	A1B	20	18	10	-3	-12	-19	-22	-21	-14	-4	7	16	-2
	B1	20	18	10	-3	-12	-18	-21	-21	-14	-4	7	16	-2
2040-2069	A2	17	15	9	-4	-13	-20	-24	-24	-16	-6	6	14	-4
	A1B	18	15	8	-5	-14	-21	-25	-24	-17	-6	5	14	-4
	B1	18	16	8	-4	-13	-20	-23	-23	-16	-5	6	15	-3
2070-2099	A2	15	13	6	-6	-15	-23	-28	-28	-20	-8	3	12	-7
	A1B	16	14	6	-6	-15	-23	-27	-26	-19	-7	4	12	-6
	B1	17	15	8	-5	-14	-21	-24	-24	-17	-6	5	14	-4

Din tabelul 11 reiese:

- Concentrația oxigenului dizolvat în apa r. Nistru aval de lacul de acumulare Dubăsari crește în perioada rece a anului și scade în perioada caldă a anului pentru toate intervalele de timp cercetate;
- Cel mai dur scenariu A2 indică creșteri ale concentrației oxigenului dizolvat de la 20% în ianuarie 2010-2039 până la 15% în 2070-2099 și scăderi în august – de la -21% în 2010-2039 până la -28% în 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](http://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.