

VEČLETNI POTEK POVRŠINSKE TEMPERATURE MORSKE VODE V VZHODNEM DELU TRŽAŠKEGA ZALIVA (DEJAVNIKI KI NAJVEČ VPLIVAJO NA TERMALNE VREDNOSTI)

Zlatimir Bićanić*

Izvleček

Na temelju vpliva podnebnih parametrov: sončne radiacije, temperature zraka in vetra, smo analizirali večletni potek površinske temperature morske vode. Cilj dela je poiskati odgovor na vprašanje, če so se površinske temperature morja v zadnjih desetletjih značilno spremenile, oziroma če so se zmanjšale. Analiza je narejena na osnovi termalnih podatkov iz 40-letnega niza in daje argumentirane rešitve.

Ključne besede: površinska temperatura, večletni niz, termalne vrednosti, sončna radiacija, veter, termalni poteki, povprečne vrednosti, tipična/netipična stanja.

THE SURVEY OF SURFACE SEA TEMPERATURES OVER 40 YEARS IN THE EASTERN PART OF THE TRIESTE GULF (FACTORS EXERTING THE STRONGEST INFLUENCE ON THERMAL VALUES)

Abstract

Based on the influence of the following climatic parameters, solar radiation, air temperature and wind, the surface sea temperatures over the period of 40 years have been analysed. The purpose of the research was to confirm or deny the premise that the surface sea temperatures significantly changed, i.e. dropped, in the last few decades. The analysis is based on the temperature data of the 40-year period, and offers the well-founded results.

Key words: Surface sea temperature, 40-year data string, Thermal values, Solar radiation, Wind, Temperature oscillation, Average values, Typical/Atypical situation.

Uvod

Po analizi termalnega stanja in večletnega poteka tega parametra v Tržaškem zalivu je ostalo več odprtih vprašanj in pomislekov o večletni dinamiki termalnega elementa, pravzaprav zelo konzervativnega. Potrebno je določene stvari dopolniti in

* Dr., Sc., kapetan dolge plovnosti, predavatelj na Pomorski fakulteti, Dubrovnik, Hrvatska; 21000 Split, Zrinsko Frankopanska 38, Hrvatska.

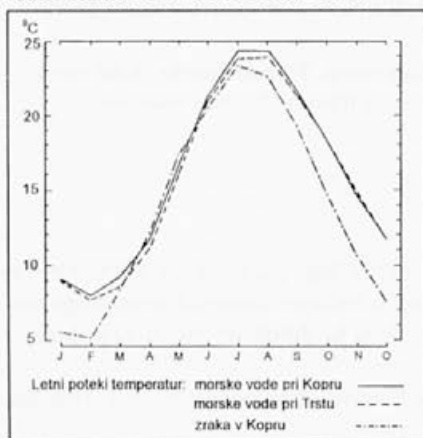
poizkušati odgovoriti na neodgovorjena vprašanja. To je osnovni razlog analize večletnega poteka površinske temperature za del morja, v katerem so potekala redna merjenja.

Bistvo te analize je ugotoviti, koliko so podnebne razmere in njihove možne spremembe, glede tipičnih stanj v področju S Jadrana, pustile posledice, ali bistveno vplivale na spremembe termalnih stanj v morski vodi. Kar pomeni, da obstajajo utemeljena mnenja, da je v nekaj preteklih dekadah prišlo do pomembnih sprememb v toku sezonskih vrednosti parametrov temperature morja in zraka, a prav tako tudi drugih podnebnih elementov. Ta analiza bi morala biti priloga ocenitve dejanskega stanja in razlage možnega predvidevanja.

V delu smo temeljito pretresli vpliv podnebnih faktorjev na spreminjanje termalnih vrednosti površinskega sloja morske vode. Na spreminjanje termalnih vrednosti vplivajo sončna radiacija, temperatura zraka in veter. To so takoimenovani zunanji faktorji, kajti v tem delu nismo analizirali vpliva notranjih, v prvi vrsti dinamike morske vode, na katero imajo velik vpliv geomorfološki elementi.

Metodologija dela

Meritve znanstvenikov v Tržaškem inštitutu (Istituto talassografico sperimentale), so nam omogočile analizo temperatur morske vode v reprezentativnih razmerah. Na raspolago so rezultati rednih 40-letnih meritev, od 1950 do 1989. Meritve so bile opravljene v morju, v bližini Trsta, v globini 2 m. Prav tako so merili temperaturo vode v morju, v bližini Kopra, v globini 20 cm. Na raspolago je niz od 1961 do 1985. S primerjavo teh podatkov s tržaškimi in vključitvijo faktorja globine (razlike v globini) smo ugotovili zelo veliko približnost v vrednostih. Zaradi svoje reprezentativnosti v analizi smo uporabili daljši niz, torej tržaški. Takemu metodološkemu pristopu je ustrezalo tudi to, da so v celem vzhodnem delu zaliva podobne hidrološke razmere v vseh letnih časih.



Podnebne in morske značilnosti v ožjem tržaškem področju približno take kot v luki Koper. Zračna oddaljenost je okoli 14 km (Bernot, 1965). Povprečne dnevne vrednosti za luko Trst smo izračunali iz podatkov, registriranih ob 7⁰⁰ in 14⁰⁰. Iz povprečnih dnevnih vrednosti smo izračunali mesečna povprečja.

Slika 1: Letni potek temperature morske vode pri Kopru in Trstu in zraka (°C) v Kopru (Bernot, 1965).

Bernot je ugotovil zelo približne termalne vrednosti morske vode v petletnem nizu (1956 do 1960) pri Trstu in Kopru (slika 1). Takšni rezultati omogočajo analizo, ki v posameznih elementih prostorsko ni sinhronizirana, ampak daje splošno sprejemljive rezultate.

Od podnebnih elementov smo uporabili podatke o vetru in temperaturah zraka. Pozornost smo posvetili tudi sončnemu obsevanju. Upoštevali smo niz od 1950 do 1988 iz Kopra in Portoroža. Zaradi omenjenih geomorfoloških, hidroloških in podnebnih razmer ima medsebojna primerjava parametrov svojo kvalitativno upravičenost.

Podatki, ki so na raspolago, so nudili prostorsko in časovno lestvico za analizo. Po definiciji je potrebno določiti, katere zunanje faktorje bomo upoštevali glede njihovega vpliva na raziskovani parameter. Iz izkušnje vemo, da zadostuje za kratkoročne analize na prostorsko manjših področjih od podnebnih elementov temperatura zraka (dnevni in mesečni poteki). Za sezonske in večletne poteke, pa je povoljnejši parameter sončna radiacija. Pogosto so uporabljeni podatki o vetru, prehajanju zračnih mas različnih in specifičnih oznak.

Vpliv sončnega sevanja (radiacije) na površinsko temperaturo morske vode

Sončno kratkovalovno sevanje (valovanje elektromagnetnega polja) je osnovni vir toplotne energije v morju. Splošna radiacija je sumarna intenziteta direktnega in difuznega sevanja. Na zunanjih robovih atmosfere se precej razlikuje od Zemljine. Odvisna je od astronomskih (oddaljenost Sonce – Zemlja, položaj Sonca – Zemlja in solarna konstanta, 1,98 ly/min), geometrijskih (višina in azimut Sonca, vpadni kot sončnih žarkov) in geografskih faktorjev (geografska širina, geomorfološki elementi, vrsta podlage itd.). Dejanske Zemljine količine sončne energije so odvisne od atmosfere vlage, oblačnosti, geografske širine in geografske razporeditve morja in kopnega. Na geografski širini tržaškega zaliva gre energetski tok, ki ga dobi določena površina 2640 kWh/m²/leto (slika 2).

Izolinije katere prikazujejo enako količino globalne radiacije, so vzporedne z gorskimi masivi. Gorska področja bistveno vplivajo na oblačnost, zato je tam slabša sončna radiacija. Celinska področja so manj oblačna kot morska površina na isti geografski širini. Posebno močan je vpliv morja na radiacijo nad kopnim. Pogost ciklonski vpliv zmanjšuje radiacijo v hladnih sezonah. Prav tako tudi poletni anticiklon (Penzar, Penzar, 1959).

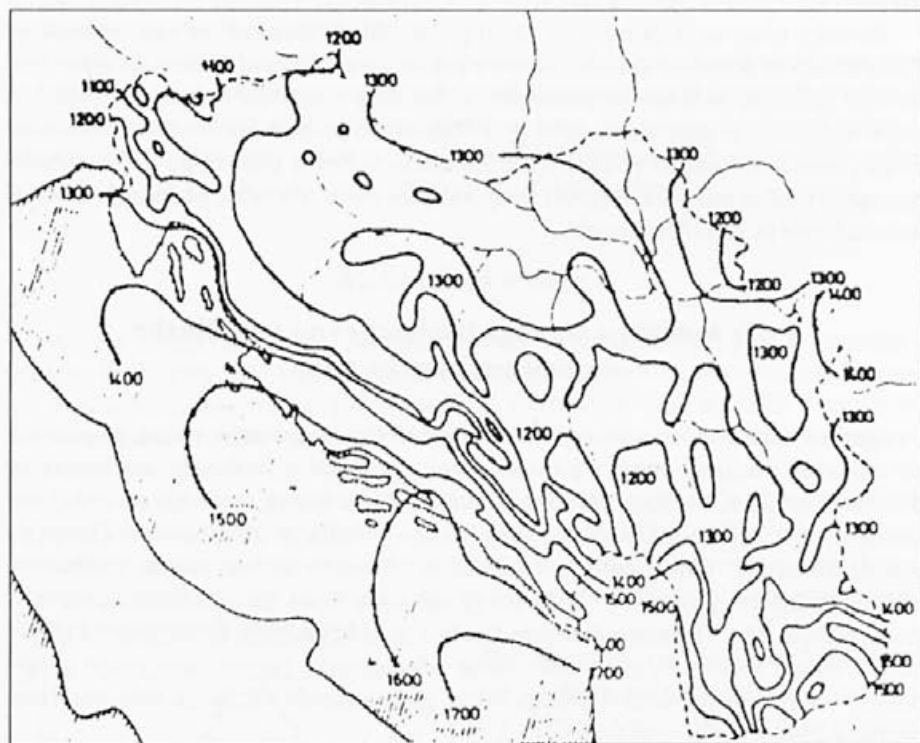
Na sliki 3 je prikazan razpored sončnega sevanja v Sloveniji in SZ delu Hrvaške ter nad S Jadranom. Izrisane so izoplete na osnovi podatkov o oblačnosti, izmerjeni na 131 meteoroloških postajah, v 10-letnem razdobju (1949 do 1958). Pomanjkljivost takega prikaza za to temo je v časovnem neskladju. Poleg tega so podatki

črpani posredno, a ne z direktnim instrumentalnim merjenjem. Računali smo z izvedeno kvadratno enačbo:

$$G = G_0 [0,069 + 1,081 (1-N) - 0,423 (1-N)^2]$$

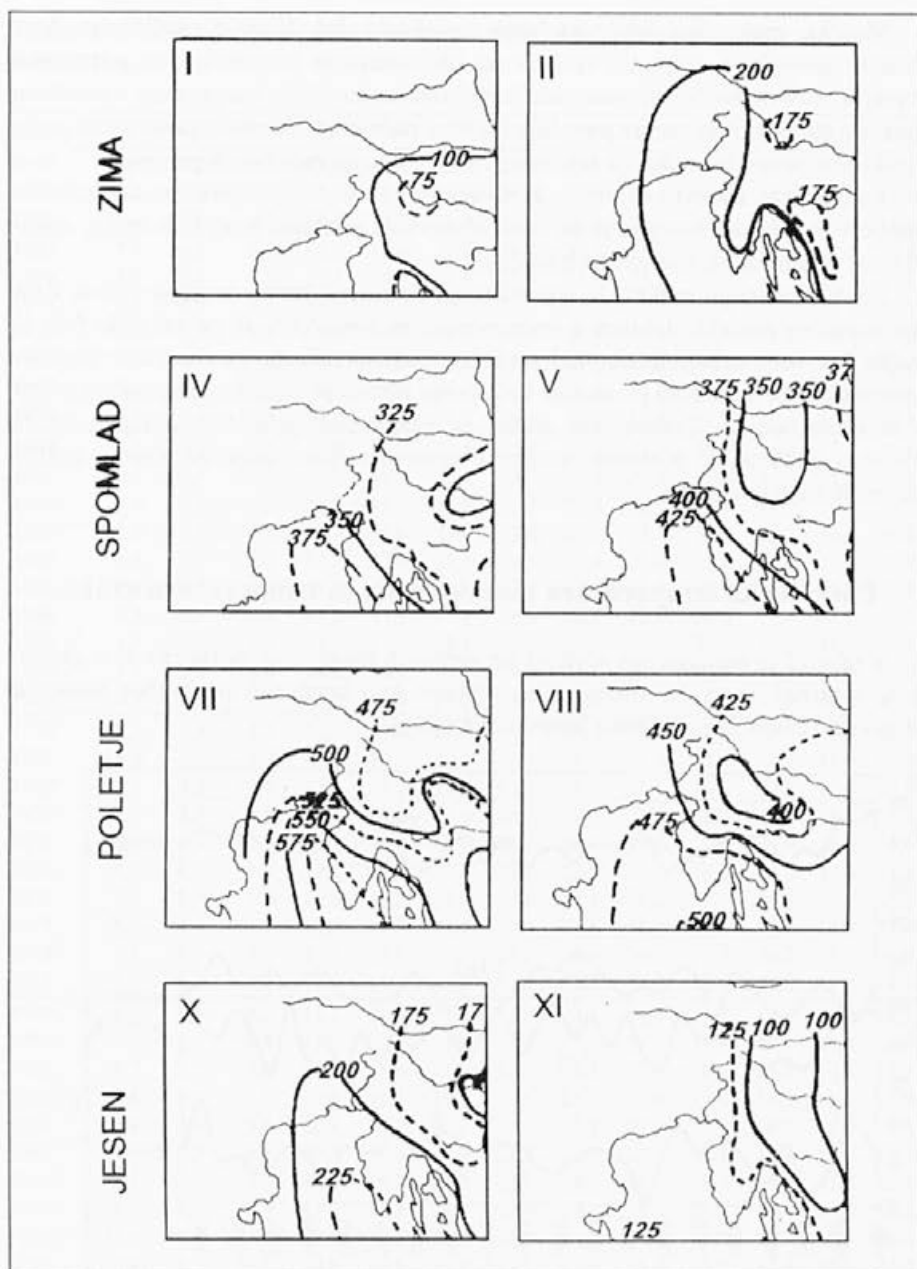
G_0 — posebna terestrična vrednost globalne radiacije.

N — mesečno povprečje oblačnosti (izmerjeno ob 7⁰⁰, 14⁰⁰ in 21⁰⁰).



Slika 2: Geografska rasporeditev povprečnih letnih količin globalne radiacije (kWh/m²/leto) v Sloveniji in SZ delu Hrvaške na horizontalno postavljeno ploskev (po Penzar, 1972).

Povprečna vrednost letnega poteka jasno prikazuje najnižjo zimsko radiacijo, poletno najvišjo in precej višjo pomladansko od jesenske. Obstaja upravičen pomislek o prevelikem vplivanju direktne sončne radiacije pri segrevanju morja. Utemeljena je z značilnostmi nekaterih delov vidnega svetlobnega spektra in prodoru različnih valovnih dolžin skozi morsko vodo. Npr. rdeči del spektra, ki prenaša zaradi največje valovne dolžine, največje količine energije, najmanj prodira v morsko vodo.



Slika 3: Povprečne dnevne količine globalne radiacije ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{dan}$) nad S. Jadranom, področjem Slovenije in SZ delom Hrvaške (po Penzar, Penzar, 1959).

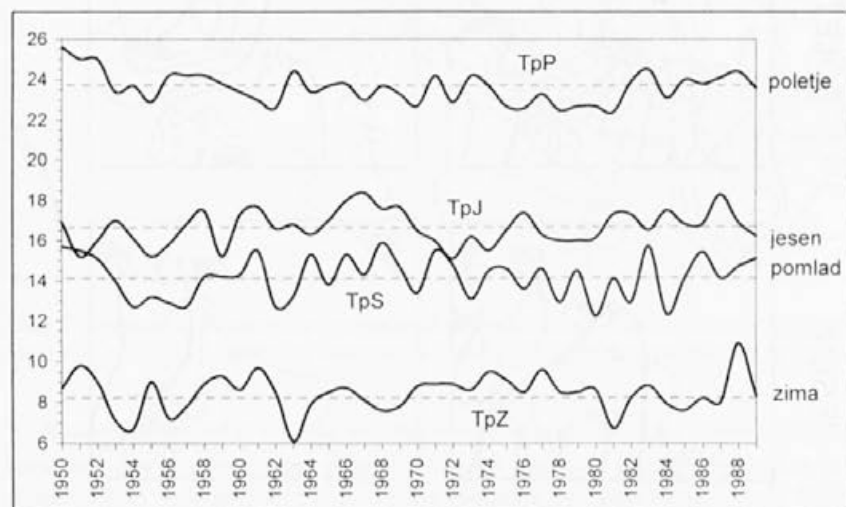
Skratka, energetsko deluje na tanek površinski sloj. V takih okoliščinah, brez drugih zunanjih in notranjih vplivov ter ob nastajanju konvekcije, se površinska toplejša voda ne bo dovolj premešala in vplivala na povišanje temperature v celotnem vodnem stolpcu. Pravzaprav povečuje statično stabilnost. Če analiziramo samo površinski sloj, je sončna radiacija izjemen in verjetno najpomembnejši parameter.

Radiacija je osnovni dejavnik, ki vpliva na vse podnebne procese. Od količine sprejete radiacijske energije je odvisno segrevanje podlage, torej tudi zraka, intenzivnost ishlapevanja, energetska bilanca itd.

Sončna radiacija je tukaj le informativno omenjena zaradi svojega vpliva. Zato ker manjkajo podatki, dobljeni z instrumentalnim merjenjem ali po računski poti za daljše časovno razdobje (zadnjih deset let), tega pomembnega parametra ne moremo uporabiti in ga primerjati pri analizi večletnega poteka površinske temperature morja v tržaškem zalivu. Temperatura zraka, za katero obstojajo dokazani podatki za 39-letno obdobje, je posreden rezultat delovanja sončne radiacije. Zato v analizi zavzema značilno mesto.

Površinska temperatura morske vode in temperatura zraka

V tabeli 1 je predstavljen 40-letni niz vrednosti temperatur morske vode v globini 2 m, v bližini Trsta. Na osnovi teh podatkov smo izračunali povprečne sezonske vrednosti (tabela 2) površinske temperature morja.



Slika 4: Večletni potek povprečnih sezonskih vrednosti površinske temperature morske vode (°C) v bližini Trsta.

Tabela 1: Povprečne mesečne vrednosti površinske temperature morske vode (°C) v bližini Trsta.

Leto	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Povp.
1950	9,4	8,0	9,5	12,6	18,7	23,2	25,5	25,7	23,1	19,7	14,1	12,0	17,8
1951	10,0	9,5	10,1	12,8	18,1	22,6	24,0	26,0	23,6	16,0	14,3	12,2	16,6
1952	9,9	8,0	8,7	12,5	17,7	21,9	24,1	25,9	21,2	17,9	14,0	10,3	16,0
1953	7,8	6,3	8,1	12,6	15,4	20,0	24,3	22,5	21,0	18,5	15,4	12,8	15,4
1954	7,6	5,8	7,7	10,5	14,9	21,0	23,9	23,5	23,2	17,9	14,3	11,2	15,1
1955	9,1	8,9	8,3	10,7	15,7	19,7	23,2	22,6	22,2	16,6	13,7	11,0	15,1
1956	9,0	5,3	6,4	9,5	16,2	20,2	24,0	24,4	22,8	17,8	13,8	10,0	15,0
1957	7,6	8,0	9,0	11,6	13,8	20,6	24,7	23,3	21,2	18,1	15,4	11,3	15,4
1958	9,3	8,4	8,1	9,9	18,4	22,0	23,8	24,5	22,0	19,6	15,4	12,0	16,1
1959	9,8	8,8	10,3	13,1	15,2	19,8	24,0	23,6	19,6	16,9	13,4	11,8	15,5
1960	9,1	8,1	9,4	11,9	16,7	22,5	22,8	23,9	21,0	18,3	16,3	13,2	16,1
1961	10,0	9,3	10,9	14,2	16,8	22,0	23,0	22,9	22,5	19,7	15,7	11,8	16,6
1962	9,4	7,6	7,3	10,2	15,1	18,4	21,3	23,8	22,0	18,4	14,7	9,5	14,8
1963	7,0	5,1	5,7	10,7	15,6	21,6	23,6	25,1	22,7	18,3	15,2	11,5	15,2
1964	8,6	7,2	8,1	13,0	17,6	21,1	23,4	23,4	21,4	18,1	14,4	11,4	15,6
1965	9,4	7,5	8,6	11,5	16,1	20,4	23,9	23,4	21,4	18,8	15,2	12,2	15,7
1966	8,8	8,5	9,5	13,2	17,3	23,1	24,1	23,4	22,0	20,0	15,4	11,2	16,5
1967	8,4	7,7	9,4	11,5	17,0	20,1	22,7	23,3	22,6	20,5	16,3	11,0	15,9
1968	7,4	7,7	8,8	14,9	16,9	19,1	24,2	23,1	21,9	19,4	15,7	11,3	15,9
1969	8,3	7,2	8,7	11,0	18,4	21,7	23,6	23,0	21,2	19,4	15,9	10,0	15,7
1970	9,2	8,4	8,3	11,1	15,6	22,0	21,7	23,7	22,4	18,3	14,7	11,5	15,6
1971	8,9	8,9	7,5	12,1	18,9	22,0	23,4	24,9	21,4	17,7	14,2	11,0	15,9
1972	8,9	8,8	10,5	13,1	16,4	21,3	22,2	23,6	20,1	16,3	13,8	11,3	15,5
1973	8,9	8,2	8,3	10,5	15,6	21,4	24,7	23,7	22,6	18,3	14,1	9,9	15,5
1974	9,5	9,5	10,2	12,3	16,7	19,8	23,2	24,2	22,6	17,1	13,6	11,4	15,9
1975	9,5	8,7	9,3	11,8	17,4	20,8	22,5	22,8	22,0	18,6	14,3	11,3	15,8
1976	9,0	7,9	7,9	10,9	16,2	19,0	23,8	21,4	20,4	19,4	15,3	11,7	15,2
1977	9,7	9,4	11,2	12,3	16,8	21,6	23,0	23,6	20,3	17,3	15,3	10,2	15,9
1978	9,1	7,9	9,1	11,1	14,7	19,9	22,1	22,9	20,5	17,7	14,2	9,7	14,9
1979	8,7	8,2	9,3	11,9	17,1	22,7	22,1	23,2	21,3	18,4	13,6	11,5	14,9
1980	8,7	8,5	9,2	11,3	13,0	19,4	21,9	23,5	21,0	18,7	13,5	9,6	14,9
1981	7,4	5,9	8,8	11,7	16,5	19,9	22,3	22,4	21,2	19,4	15,1	10,7	15,1
1982	8,7	7,7	7,8	10,1	15,6	21,3	23,2	24,5	22,9	19,2	15,4	12,3	15,7
1983	9,6	8,0	8,6	12,9	18,4	19,1	24,5	24,5	22,4	18,8	14,2	9,6	15,9
1984	8,1	7,6	8,0	10,4	14,2	20,5	22,3	23,8	22,1	18,9	16,0	12,7	15,4
1985	7,8	7,3	8,5	11,8	16,4	21,3	23,2	24,7	22,3	19,3	14,2	11,0	15,7
1986	9,1	7,0	8,3	11,9	18,8	20,3	22,6	24,9	21,1	18,8	14,7	11,7	15,8
1987	8,1	7,8	7,3	11,4	16,8	21,3	23,9	24,2	24,5	20,2	16,4	12,6	16,2
1988	11,4	10,3	9,9	12,7	16,7	21,9	24,5	24,2	21,8	19,0	14,7	10,1	16,4
1989	8,4	8,1	10,1	13,9	16,6	21,0	23,3	23,8	21,0	17,9	14,4	10,7	15,8
Povp.	8,9	7,9	8,8	11,8	16,5	20,9	23,4	23,8	21,8	18,5	14,8	11,2	15,7

Tabela 2: Povprečne sezonske vrednosti površinske temperature morske vode (°C) v bližini Trsta.

Leto	Zima (I, II)	Pomlad (IV, V)	Poletje (VII, VIII)	Jesen (X, XI)
1950	8,7	15,7	25,6	16,9
1951	9,8	15,5	25,0	15,2
1952	9,0	15,1	25,0	16,0
1953	7,1	14,0	23,4	17,0
1954	6,7	12,7	23,7	16,1
1955	9,0	13,2	22,9	15,2
1956	7,2	12,9	24,2	15,8
1957	7,8	12,7	24,2	16,8
1958	8,9	14,2	24,2	17,5
1959	9,3	14,2	23,8	15,2
1960	8,6	14,3	23,4	17,3
1961	9,7	15,5	23,0	17,7
1962	8,5	12,7	22,6	16,6
1963	6,1	13,2	24,4	16,8
1964	7,9	15,3	23,4	16,3
1965	8,5	13,8	23,7	17,0
1966	8,7	15,3	23,8	18,0
1967	8,1	14,3	23,0	18,4
1968	7,6	15,9	23,7	17,6
1969	7,8	14,7	23,3	17,7
1970	8,8	13,4	22,7	16,5
1971	8,9	15,5	24,2	16,0
1972	8,9	14,8	22,9	15,1
1973	8,6	13,1	24,2	16,2
1974	9,5	14,5	23,7	15,5
1975	9,1	14,6	22,7	16,5
1976	8,5	13,6	22,6	17,4
1977	9,6	14,6	23,3	16,3
1978	8,5	12,9	22,5	16,0
1979	8,5	14,5	22,7	16,0
1980	8,6	12,2	22,7	16,1
1981	6,7	14,1	22,4	17,3
1982	8,2	12,9	23,9	17,3
1983	8,8	15,7	24,5	16,5
1984	7,9	12,3	23,1	17,5
1985	7,6	14,1	24,0	16,8
1986	8,2	15,4	23,8	16,8
1987	8,0	14,1	24,1	18,3
1988	10,9	14,7	24,4	16,9
1989	8,3	15,1	23,6	16,2
Povp.	8,4	14,2	23,6	16,7

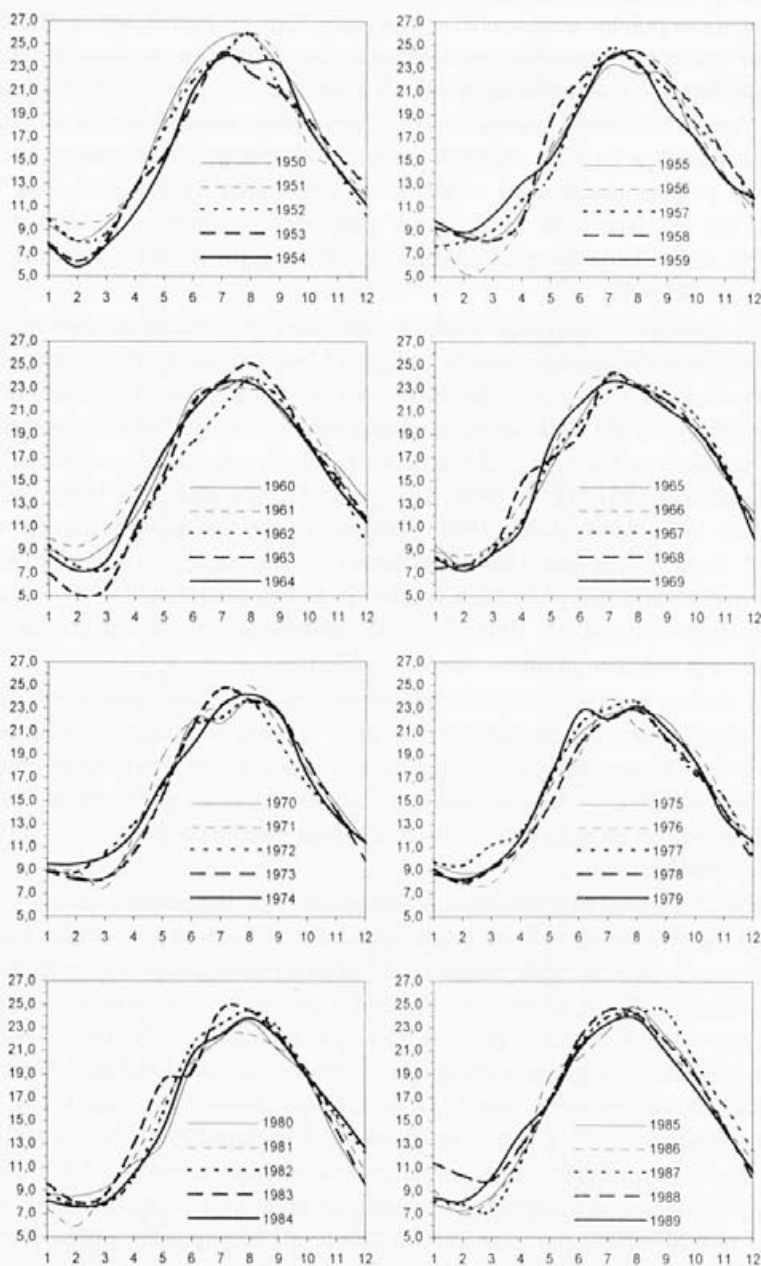
Vir: Istituto talassografico sperimentale, 1990.

Diagram na sliki 4 predstavlja 40-letni potek teh vrednosti (tabela 2). Slika prikazuje, da so poletne temperature morja prece višje od ostalih sezon. Prav tako je višja tudi jesenska temperatura od spomladanske. Evidentna so letna kolebanja in ekstremna stanja. Ne moremo ugotoviti večjih stalnih odstopanj od srednjih vrednosti. Samo poletna in delno jesenska krivulja omogočata klasičen analitičen pristop in razdelitev razdobja na dele. Njihove variacije so spet približne srednji vrednosti. Povprečna poletna temperatura morja je $23,6^{\circ}\text{C}$ (slika 4). Do leta 1952 je bila $25,2^{\circ}\text{C}$, vse do leta 1974 se ujema s povprečno vrednostjo za celo obdobje. Naslednjih sedem let je povprečje nižje, $22,7^{\circ}\text{C}$, zadnjih osem let pa je nekaj višje od povprečja, $23,9^{\circ}\text{C}$.

Zaradi stalnega intenzivnega kolebanja spomladi in jeseni se ne dajo razlikovati karakteristična obdobja, razen morda zadnjih 15 jeseni (slika 4). Povprečna jesenska temperatura morja je $16,7$, spomladanska $14,2^{\circ}\text{C}$. Približno enako je pozimi. Medtem v obdobju od 1964 do 1980 zimske temperature kolebajo umirjeno, ampak to ne pomeni nič glede na obdobja pred tem (slika 4). Ekstremna stanja so vidna poleti leta 1950, jeseni leta 1951, 1953, 1959, 1967 in 1972, spomladi leta 1950, 1954 itd., pozimi leta 1951, 1954, 1963, 1981, posebno visoka temperatura morske vode v globini 2 m pa je bila leta 1988. Pravzaprav je bilo naslednjo zimo povprečje v januarju in februarju pod povprečno vrednostjo za celo obdobje, $8,4^{\circ}\text{C}$. Potrebno je poudariti izjemno stanje leta 1951. Spomladanska temperatura morja je bila višja od jesenske. To je enkratni primer v celotnem obdobju.

V tej analizi reprezentativnih vrednosti so za letne čase izračunana mesečna povprečja za januar – februar, april – maj, julij – avgust in oktober – november. Obstaja pomislek, skupen mnogim znanstvenikom, o taki delitvi. Pravzaprav prevladuje v novjšem obdobju v znanosti mišljenje, da za sezonsko prezentacijo zadostuje samo en mesec, ker so sezonske vrednosti daljšega obdobja zmanjšane ali povečane, sezonsko netipične.

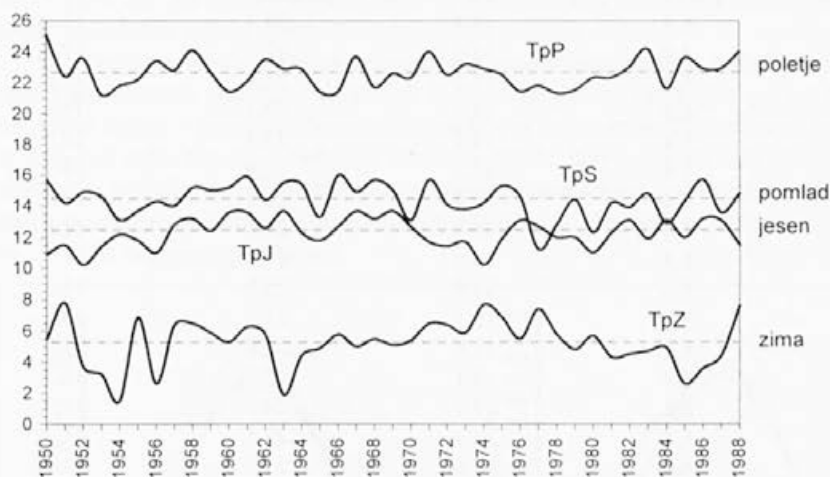
Na sliki 5 so predstavljeni letni poteki površinske temperature morja v bližini Trsta. Iz diagrama se ne vidi, da razen mesečnih oscilacij obstojajo taka kolebanja vrednosti tega parametra, ki bi vodila k zaključku o pomembnejših spremembah vrednosti elementov, ki ga pogojujejo. Izjemne situacije so bile, vendar niso bile tipične. Letni termalni poteki so predstavljeni na diagramih s petimi krivuljami zaradi boljšega pregleda. Iz tega sledi, da je bila v obdobju od leta 1950 do 1954 najnižja temperatura morja februarja, leta 1953 in 1954 pa ekstremno nizka, $6,3$ in $5,8^{\circ}\text{C}$ (slika 5a). Posebno nizke temperature so bile še februarja 1956, 1963 in 1981. Leta 1988 je registrirana ekstremno visoka povprečna vrednost za zimo, $10,3^{\circ}\text{C}$. Februar je mesec, v katerem so povprečne vrednosti temperature morja minimalne. Dogaja se, da je to tudi januar, npr. leta 1957 in 1968, ali najpogosteje marec leta 1955, 1958, 1962, 1970, 1971, 1987 in 1988. Razpored teh let je v obdobju enakomeren in ni slutiti možnosti poslabšanja v večletnem nizu.



Slika 5: Letni poteki površinskih temperatur morske vode (°C) pri Trstu.

Najvišje poletne vrednosti so julija in avgusta. Od leta do leta bolj ali manj niha. Leta 1962 in 1970 so bile najvišje letne temperature avgusta, vendar so bile septembarske višje od julijskih. Če bi se to zgodilo vsaj dve leti zapovrstjo, bi z ostalimi faktorji predstavljale hvaležno gradivo za podrobnejše analize. Posebno preseneča stanje maksimalnih temperatur leta 1987. Povprečna septembarska temperatura je višja od julijske in od avgustovske (slika 5, tabela 1).

V istem časovnem obdobju (med letoma 1950 in 1988) je temperatura zraka kolebala intenzivneje od površinske temperature morja. To je fizično upravičeno. Zimsko osciliranje temperature zraka je posebno veliko v prvem delu obdobja (slika 6). V sredini obdobja je manjše, proti koncu pa se povečuje.



Slika 6: Večletni potek povprečnih sezonskih vrednosti temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) na morju pri Kopru.

Največja registrirana sprememba je bila leta 1954/55 in to $5,4^{\circ}\text{C}$. Registriranih je še nekaj večjih sprememb, ampak z manjšimi amplitudami (tabela 3). Primerjava z isto krivuljo za površinsko temperaturo morja (slika 4) prikaže njuno podobnost, posebno v ekstremnih situacijah v letih 1953, 1954, 1956, 1963 in 1988. Nenavadno stanje je bilo leta 1974 in 1985. V teh letih ni registrirana ekstremna srednja sezonska vrednost temperature morja (slika 4). Leta 1974 temperatura zraka odstopa od zimske povprečne vrednosti za celotno obdobje ($5,2^{\circ}\text{C}$) za $2,5^{\circ}\text{C}$, temperatura morja pa od srednje vrednosti ($8,4^{\circ}\text{C}$) za $1,1^{\circ}\text{C}$. Odstopanje od povprečne vrednosti temperature zraka je bilo leta 1985 še večje, temperature morja pamanjše od prejšnjega. Na takšno stanje je lahko vplivalo več faktorjev. Treba je ugotoviti tudi večjo stopnjo stabilnosti temperature morske površine od temperature zraka. Povprečna zimska temperatura morja je višja od temperature zraka za $3,1^{\circ}\text{C}$.

Tabela 3: Povprečne sezonske vrednosti temperature zraka (°C) na širšem področju Kopra.

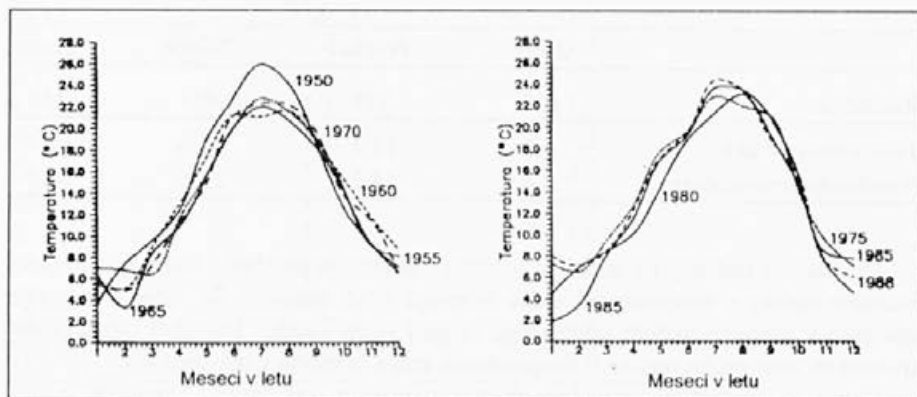
Leto	Zima (I, II)	Pomlad (IV, V)	Poletje (VII, VIII)	Jesen (X, XI)
1950	5,5	15,7	25,1	10,9
1951	7,8	14,2	22,4	11,5
1952	3,7	14,9	23,6	10,2
1953	3,2	14,6	21,2	11,4
1954	1,5	13,1	21,8	12,2
1955	6,9	13,7	22,2	11,8
1956	2,6	14,3	23,4	11,0
1957	6,4	14,0	22,8	12,8
1958	6,5	15,2	24,1	13,2
1959	5,9	15,0	22,7	12,4
1960	5,3	15,2	21,4	13,6
1961	6,3	15,9	22,1	13,6
1962	5,8	14,4	23,5	12,6
1963	1,9	15,5	22,9	13,7
1964	4,4	15,4	22,9	12,3
1965	4,9	13,3	21,4	11,8
1966	5,8	16,0	21,4	12,7
1967	5,0	14,9	23,7	13,7
1968	5,5	15,7	21,7	13,2
1969	5,1	15,0	22,6	13,7
1970	5,4	13,1	22,3	12,7
1971	6,5	15,7	24,0	11,7
1972	6,4	14,1	22,5	11,4
1973	5,9	13,8	23,2	11,7
1974	7,7	14,2	22,9	10,2
1975	6,9	15,3	22,5	11,9
1976	5,5	14,6	21,4	13,1
1977	7,4	11,2	21,8	12,7
1978	5,8	12,8	21,3	12,0
1979	4,8	14,4	21,5	12,0
1980	5,7	12,3	22,3	11,0
1981	4,3	14,2	22,3	12,3
1982	4,5	13,9	23,0	13,1
1983	4,7	14,8	24,2	11,9
1984	4,9	12,9	21,6	13,1
1985	2,6	14,3	23,6	12,0
1986	3,6	15,7	22,9	13,2
1987	4,4	13,6	22,9	13,1
1988	7,6	14,8	24,0	11,5
Povp.	5,2	14,4	22,6	12,3

Vir: Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije in Zvezni hidrometeorološki zavod.

Spomladanska in jesenska kolebanja temperature zraka so zelo pogosta (frekventna). Močno odstopajo od srednjih vrednosti, podobno kot tudi temperature morja. Povprečna spomladanska temperatura zraka ($14,4^{\circ}\text{C}$) je višja od jesenske ($12,3^{\circ}\text{C}$). Pri temperaturah morja je nasprotno. Povprečna spomladanska ($14,2^{\circ}\text{C}$) je nižja od jesenske ($16,7^{\circ}\text{C}$). Na splošno je spomladanski zrak samo za $0,2^{\circ}\text{C}$ toplejši, jesenski pa za $4,4^{\circ}\text{C}$ hladnejši od morske površine (tabela 2 in 3).

Poletna povprečna vrednost temperature površinske vode je višja za $1,0^{\circ}\text{C}$ od povprečne vrednosti temperature zraka. Krivulja za temperaturo morja prikazuje manjše oscilacije, dočim je vpliv temperature zraka očiten. V nekaterih letih temperatura morja ni spremljala letnih sezonskih kolebanj temperatur zraka, npr. leta 1951, 1955 1958 itd. Na to so v največji meri vplivali notranji maritimni faktorji in pogojevali na splošno togost parametra temperature morske vode.

S krivuljami letnih potokev temperature zraka smo najlažje definirali termalni režim posameznih področij. Na sliki 7 so predstavljene v razdobjih po pet let. Namerno so risane v pravilnih časovnih razmikih, a ne po kriteriju števila in vrednosti ekstremnih točk. Srednje vrednosti letne amplitude, število in položaj ekstremov in asimetrija v obliki krivulj prikazujejo pomembne maritimne podnebne značilnosti in tudi pomembno prisotnost kontinentalnih elementov. Asimetrija kaže na maritimni vpliv, ki pa ni preveč poudarjen.



Slika 7 in 7a: Letni potek temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) na širšem področju Kopra.

Krivulje na slikah prikazujejo majhno razliko med zimskimi in jesenskimi vrednostmi.

Vpliv vetra na površinsko temperaturo morja

Vpliv vetra na temperaturo morja je močan zaradi prenosa velikih količin zračnih mas iz različnih področij, karakterističnih celo po nasprotnih vrednostih podnebnih

elementov. To je razlog, da temperaturo zraka in vetra upoštevamo kot parametra, ki pomembno vplivata na temperaturo morja in sončno radiacijo.

Na površinsko temperaturo morske vode direktno vplivajo specifični vetrovi. So posledica nenehnih prehodov baričnih sistemov prek severnega Jadrana. Prehodi se odvijajo s karakterističnim ritmom. V mrzlih letnih obdobjih se barični sistemi (cikloni in anticikloni) neprekinjeno menjavajo. Karakteristična vetrova sta anticiklonska burja (sibirski in srednjeevropski anticiklon) in ciklonski jugo (vpliv ciklona z zahoda). V toplejšem letnem obdobju so, zaradi vpliva polja visokega zračnega pritiska (azorski anticiklon) gradienti atmosferskega pritiska majhni, zato zračne tokove pogojujejo termalne razlike nad morjem in kopnim. Podnevi veter piha z morja na kopno (mornik), ponoči pa je obratno. Poleti se mornik podnevi superponira na etezijski SZ veter, maestral.

Koliko je veter zanesljiv element pri ocenjevanju vpliva na površinsko temperaturo morja, prikazuje odnos predhodnih dveh (sončne radiacije in temperature zraka) in površinske temperature morja v Tržaškem zalivu. Prikazane so sezonske vrednosti radiacije ($\text{cal/cm}^2/\text{dan}$) za obdobje od 1925 do 1940 (slika 3), povprečne sezonske vrednosti temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) za obdobje od 1950 do 1988 (tabela 3) in povprečne sezonske vrednosti površinske temperature morja ($^{\circ}\text{C}$) za obdobje od 1950 do 1989 (tabela 2) za vzhodni del Tržaškega zaliva.

	Zima	Pomlad	Poletje	Jesen
Radiacija	150	375	485	160
Temperatura zraka	5,2	14,4	22,6	12,3
Površinska temperatura	8,4	14,2	23,6	16,7

Razlikam v radiaciji na relacijah pomlad – poletje in pomlad – jesen niso proporcionalne razlike v temperaturah zraka in morja v teh sezonah. Še večje odstopanje opazimo v proporcionalnih odnosih na relaciji jesen – zima. Približni radiaciji nasprotno so zelo velike razlike v temperaturah zraka in morja v teh sezonah.

Delno so opravičeni pomisleki za takšen pristop, ker: prvič, negotovo je primerjati časovna obdobja (radiacijo – temperaturo morja in zraka), ki se ne ujemajo in drugič, temperatura zraka je zelo spremenljiv podnebni element in izjemno podvržen zunanjim vplivom. Nasprotno je temperatura morja konzervativen parameter, podvržen zunanjim in notranjim vplivom (dinamiki morske vode, podnebnim, hidrološkim in ostalim). Navedena odstopanja v proporcionalnosti so velika in zmanjšujejo efekte navedenih pomanjkljivosti. Jasno je, da na takšno stanje vpliva tudi kakšen zunanji faktor, npr. veter.

V Tržaškem zalivu piha burja zaradi orografije terena, iz VSV strani. Dominanten je veter po pogostosti in moči (po podatkih iz Tržaške meteorološke postaje za obdobje od 1841 do 1940) (Polli, 1949). Največja pogostost je januarja, najmanjša

pa junija. Pozimi so najpogostejši SV in V vetrovi. Spomladi so manj pogosti, prevladavajo pa glede na ostale vetrove. Vetrovi iz JZ in SZ smeri so nekoliko pogostejši. Jesensko stanje je podobno zimskemu, z manj pogostimi in močnimi vetrovi (Frleta, 1958). Povprečne hitrosti vetrov so največje pozimi in najmanjše poleti.

Po Stravisijevih raziskovanjih (1977) režima vetrov za obdobje med letoma 1951 in 1975 piha najpogostejše veter v Tržaškem zalivu iz smeri VSV. Sledijo vetrovi iz VJV, V in JV. Ostali so veliko manj pogosti. Največjo srednjo hitrost ima VSV veter, sledi SV in drugi.

Tabela 4: Povprečno trajanje (%) in povprečna hitrost (m/s) vetra v Tržaškem zalivu (Stravisi, 1977).

Smer	Povprečno trajanje vetra (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)
S	1,5	1,6
SSV	1,4	2,5
SV	2,6	4,2
VSV	21,3	6,0
V	13,3	2,7
VJV	14,6	1,7
JV	10,2	1,4
JJV	5,7	1,4
J	2,4	1,5
JJZ	2,6	2,5
JZ	2,4	2,3
ZJZ	3,9	2,2
Z	4,7	1,0
ZSZ	5,2	1,8
SZ	3,6	1,7
SSZ	2,7	1,8
TIŠINA	1,8	2,9

Na osnovi teh podatkov se lahko razpravlja o neproporcionalnem odnosu posameznih parametrov v sezonah. Npr. zimska in jesenska približnost v količini sončne radiacije ne vpliva proporcionalno na temperaturo zraka in površinsko temperaturo morja. Očiten razlog je veter iz VSV in V smeri. Pozimi je najpogostejši in ima največjo hitrost. Piha kadar je vreme vedro (visoka radiacija) in je karakterističen po nizki temperaturi in suhosti zračne mase.

Na sliki 8 so predstavljeni parametri vetra za posamezne mesece, oziroma letne čase. Iz grafikona je razvidna pogostost (dolžina puščice po merilu), moč (število perez na puščici po Bf), smer (v odnosu na meridiane) in tišina vetra (oznaka v sredini kroga).

V zimskih mesecih rože vetrov v Kopru izgledajo podobno. JV veter ima poudarjeno visoko pogostost in moč 2 Bf. Januarja je pogostost tišine za 3 % višja kot februarja. Visoko pogostost, v povprečju okoli 15 %, imajo tudi vetrovi iz SV in V smeri. Spomladi, aprila in maja, se vetrovom iz SV in V smeri pogostost zmanjšuje, iz JV je visoka (okoli 22 %), močno pa se je povečala tudi SZ vetru, okoli 18 %. Tišina je 25 %. V poletnih mesecih se pogostost vetrov iz SZ (20 %) in JV (28 %) povečuje. Tišina je 26 %. Občutno se tišina zmanjša jeseni, 22,5 %. Od začetka oktobra do konca novembra se pogostost SZ vetra zmanjšuje, JV pa je visoka, 28 %.

Tako intenzivna zračna dinamika močno vpliva na površinsko temperaturo morske vode, ker sta v neposrednem stiku. Hitrost, smer, trajanje vetra so elementi, ki imajo v Tržaškem zalivu vse pogoje za razvijanje optimalnih vrednosti, zato je vpliv na morsko površino maksimalno intenziven. Termalno delovanje razen tega, da močno vpliva na dinamiko kontaktnih plošč (drift tokovi), posredno vpliva tudi na termalno strukturo v celem vodnem stolpcu. V tem nizu je tudi gostota morske vode, kar neposredno vpliva na razporeditev živega sveta in njegov obstoj, posebno planktonskih organizmov. Posamezne vrste so zelo občutljive na spremembe v ekosistavi.

Hladni vetrovi iz severnih kvadrantov direktno izzivajo spremembo strukture v celotnem vodnem stolpcu. Direktno vplivajo na nastajanje advektivnih površinskih tokov vodnih mas. Prav tako tudi kompenzirajočih v podpovršinskem sloju. Zaradi ohlajanja površinskih slojev pod ravnotežnimi vrednostmi se začenja konvekcija.

Še nekaj o površinski temperaturi morja

V analizi srednjih mesečnih vrednosti površinske temperature morske vode so opažena občasna ekstremna stanja; npr. leta 1951, 1961 in 1988 so bile januarske temperature morske vode 10 °C in več. Februarja, v povprečno najhladnejšem mesecu v letu, je bila meja 10 °C prekoračena samo leta 1988. Povprečne aprilске temperature so 11,8, majske pa 16,5 °C. Gre za veliko razliko v dva reprezentativnih spomladanskih mesecih. Velikih razlik v temperaturah v dveh poletnih mesecih ni (0,4 °C). Jesenske vrednosti so oktobra standardno velike. So celo ekstremno visoke, preko 20,0 °C leta 1966, 1967 in 1987. Z analizo ekstremno nizkih in ekstremno visokih termalnih vrednosti v 40-letnem obdobju, v katerem se pojavljajo, ne moremo ugotoviti standardne vrednosti deviacije tega parametra in opredeliti zakonitosti njegovega delovanja. Še manj lahko damo kakršnokoli napoved, še zlasti zato, ker govorimo o površinskem sloju.

Skupna povprečna vrednost površinske temperature morske vode za celo obdobje je 15,7, temperature zraka pa 13,6 °C.

Sklepi

V analizi večletnega poteka površinske temperatura morja v Tržaškem zalivu za daljše obdobje, v funkciji podnebnih parametrov sončne radiacije, temperature zraka in vetra smo uporabili podatke 40-letnega obdobja, od leta 1950 do 1989. Analiza je dokaz upravičenosti vse pogostejših mišljenj, da so v preteklih desetletjih nastopile pomembne spremembe v sezonskih vrednostih temperature morske vode, predvsem v površinskem sloju. Prav tako tudi v sezonskih vrednostih več podnebnih parametrov.

Ugotovili smo bistveno večjo vrednost spomladanske sončne radiacije od jesenske. Pri morski vodi je obratno. Srednja spomladanska vrednost za celo obdobje je 14,2 °C, jesenska pa 16,7 °C (tabela 2). Situacija je bila neobičajna samo leta 1951. Temperatura morske vode je bila spomladi višja kot jeseni (slika 4). To je enkraten primer v celotnem 40-letnem obdobju.

Take sezonske vrednosti so dokaz, da sončna radiacija ni glavni generator toplotne energije v morju za to področje.

Analiza letnih potekov vrednosti (slika 5) ni potrdila domneve, da se sezonske vrednosti površinske temperature morske vode v vzhodnem delu Tržaškega zaliva menjavajo v smislu sistemskega naraščanja ali upadanja od začetka do konca obdobja. Srednje vrednosti so minimalne februarja, redkeje januarja in pogostejše marca. Najvišje poletne temperature so julija in avgusta. Razpored je v obdobju enakomeren in ne kaže večjega odstopanja, razen običajnih anomalij. Ena takih je bila septembra leta 1987. (tabela 1). Povprečna mesečna temperatura površinske vode je bila 24,5 °C, višja od julijske in avgustovske (slika 5). V obdobju med letoma 1950 in 1988 je temperatura zraka nihala bolj, kot temperatura morja. Posebno velike oscilacije so bile v prvem delu obdobja (slika 6). Umirjene so bile v sredini, zadnja leta pa se ponovno povečujejo. Ob primerjavi z zimsko krivuljo za morje (slika 4) je vidna njuna podobnost, posebno pri ekstremnih stanjih. Krivulja za zimsko temperaturo morske vode kaže veliko večjo stabilnost pri poteku vrednosti tega parametra glede na temperature zraka. Povprečna zimska temperatura morja je višja za 3,1 °C.

Najpogostejši veter v Tržaškem zalivu je burja, 21,3 % (tabela 4); Piha z VSV smeri. Povprečna hitrost je 6,0 m/s, in je na prvem mestu tudi po moči. Z ostalimi vetrovi iz severnih kvadrantov je razlog, da količina sončne radiacije ni proporcionalna temperaturi morja in zraka. To so hladni in suhi vetrovi, ki pihajo najpogostejše pozimi (vedro nebo in visoka radiacija). Hitrosti vetrov so največje pozimi in najmanjše poleti.

Podnebni in fizičnogeografski elementi v Tržaškem zalivu omogočajo zelo velik vpliv vetrov na termalno strukturo morske vode. Zaradi majhnih globin delujejo na celoten vodni stolpec. Hladni vetrovi direktno vplivajo na kinematične spremembe. Vplivajo na nastanek advekcije, kompenzirajoča gibanja morskih mas in konvekcije.

Parametri, s katerimi je definirana termalna kvaliteta morske vode v Tržaškem zalivu, imajo globalne karakteristike in v svoji kompleksnosti do sedaj niso bili

dovolj raziskani. Zaradi sistemske kompleksnosti zunanjih vplivov in konzervativnosti parametra temperature morske vode, ni potrebno izključiti možnosti obstajanja očitnih podnebnih in nekaterih drugih sprememb v Zemljini atmosferi tudi na morje in na procese, ki se v njej odvijajo in na splošno na morsko floro in fauno. Hipotetično sprejemljivo je interferentno stanje, za katero ne vemo, če bo nastopilo, kdaj bo nastopilo, s kakšno močjo in s kakšnimi posledicami na fizikalno-kemijske in biološke značilnosti morske vode.

Viri in literatura

- Bernot, F., 1965: Temperatura morske vode pri Trstu in Kopru, Razprave V, Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana, str. 105–110.
- Frleta, I., 1958: Vjetrovi kao nosioci tipova vremena na Jadranu, Hidrografski godišnjak 1956–1957, Hidrografski institut, Split, str. 217–230.
- Penzar, B., Penzar, I., 1959: Raspodjela globalne radijacije nad Jugoslavijom i Jadranskim morem, Hidrografski godišnjak, Hidrografski institut, Split, str. 151–173.
- Penzar, I., 1972: Potencijalno i realno sunčevo zračenje na plohama različite orijentacije, Građevinar, br. 5, god XXIV (XCII), Zagreb, str. 212, 214–215, 221–222.
- Polli, S., 1949: Cento anni di osservazioni meteorologiche eseguite a Trieste (1841–1940), Pub. Ist. sper. talassogr., 1–30, Trieste, str. 260.
- Stravisi, F., 1977: Il regime dei venti a Trieste (1951–1975), Boll. Soc. Adr. Sc., LXI, Trieste, str. 87–104.
- 1990: Datoteka, Morska biološka postaja Piran, obvestilo, Piran.
- 1991: Datoteka, Državni hidrografski institut, obvestilo, Split.
- 1990: Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, obvestilo, Ljubljana.
- 1990: Istituto talassografico sperimentale, obvestilo, Trieste.
- 1979: Klimatološki atlas Jadranskog mora, Hidrografski institut, Split.
- 1949–1984: Meteorološki godišnjak, Zvezni hidrometeorološki zavod, Beograd.

Summary

Owing to the ever more frequent statements that significant changes occurred in the seasonal values of the surface sea temperatures in the past few decades, it is necessary to make an adequate analysis, or at least, a part of an analytical process as an introduction into a much more comprehensive investigation. The current work is an attempt of such partial analysis, because investigated are only the influences of climatic factors on the changes of the surface sea temperatures. The next step should be an investigation into the influence of endogenous factors. This is primarily the

dynamics of the sea owing to its geographical position, which greatly depends on the geomorphological element. Also very important is the hydrological factor.

Analysed are the surface sea temperatures in the eastern part of the Trieste Gulf over the period of 40 years, as to the following climatic parameters: solar radiation, air temperature and wind. The string of data was applied, from the 1950–89 period of observations. It was noticed that solar radiation was much stronger in spring than autumn. However, the trend of temperatures of the sea water is just reversed, except for 1951. It was established that solar radiation was not the principal generator of thermal energy in the sea in this area.

The air temperatures oscillate more significantly than the thermal values of the sea. Nevertheless, in winter in particular, the similarity of these two curves and their extreme situations is evident.

Bora, the most frequent wind in the Trieste Gulf, blows from ENE direction and it is also the strongest wind. Wind velocities are the greatest in winter and the smallest in summer. The climatic and geomorphological factors in the investigated area condition a very strong influence of wind on the thermal structure of the sea water, the more permanent result of which is manifested in the well mixed water mass.

It can be summed up for the conclusion, that no general trend exists of rising/dropping of the surface thermal values, except for the seasonal and annual smaller/greater deviations from the average values of the 40-year period, and this is also the outcome of the basic premise of this work.