

PROGNOZIRANJE VREMENA NA BRODU

Škember, Jelena

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:520378>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

JELENA ŠKEMBER

**PROGNOZIRANJE VREMENA NA
BRODU**

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

***Zavod/studij:* POMORSKE TEHNOLOGIJE JAHTA I MARINA**

**PROGNOZIRANJE VREMENA NA
BRODU**

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Mr.sc. Živko Trošić

STUDENT:

Jelena Škember (MB: 6053096)

SPLIT, 2016.

ZAHVALA

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju iskazanom tijekom mog studiranja.

Posebno se zahvaljujem svom mentoru, mr.sc. Živku Trošiću na ideji i korisnim savjetima koji su bili pri velikoj pomoći tijekom izrade rada. Njegova vjera u mene i ohrabrenja bili su značajni poticaj u pisanju ovog završnog rada.

POSVETA

Posvećujem svoj rad pok. kolegici Josipi Krnić (1984.-2004.), čiji je život i obilježio moje studiranje.

SAŽETAK

Prognoziranje vremena na brodu ne čine samo instrumenti koji su postavljeni na brodu i plutačama već je to čitav sustav koji osim samih mjernih instrumenata obuhvaća proizvođače mjerne opreme, prateću industriju, fakultete i visoko školovani kadar. Značaj i mogućnosti prognoziranja vremena je velik. Razvoj i primjena novih propisa i mjernih uređaja mogu uvelike pridonijeti kvalitetnijem prognoziranju vremena općenito, a pogotovo kod prognoziranja vremena na brodu. Rad predstavlja kratki uvod u mjerenje vremena na brodu te se posebno osvrće na rad mjernih instrumenata koji se ugrađuju na brodove.

Ključne riječi: brodovi, mjerni instrumenti, prognoziranje vremena.

ABSTRACT

Weather forecasting on the board are not only instruments which are placed on the boat and buoys but the whole system apart the measuring instruments includes manufacturers of measurement equipment, supporting industry, faculty and highly qualified personnel. The importance and possibilities of weather forecasting is great. The development and implementation of new regulations and measuring devices can greatly contribute to a better forecasting prematurely in general and especially in weather forecasting on board. The paper presents a brief introduction to the measurement of time on board and special attention to the work of measuring instruments that are installed on ships.

Keywords: ships, measuring instruments, weather forecasting.

SADRŽAJ

UVOD	1
2. METEOROLOŠKI INSTRUMENTI	2
3. METEOROLOŠKI INSTRUMENTI NA BRODU	4
4. MOTRENJE I MJERENJE METEOROLOŠKIH ELEMENATA I POJAVA	6
4.1. MJERENJE TEMPERATURE	8
4.2. MJERENJE VLAŽNOSTI ZRAKA	13
4.3. MJERENJE TLAKA ZRAKA	15
4.4. MOTRENJE OBLAKA	17
4.5. MJERENJE OBORINA	19
4.6. ODREĐIVANJE VIDLJIVOSTI	22
4.7. MJERENJE VJETRA	22
4.8. MOTRENJE VALOVA	25
ZAKLJUČAK	27
LITERATURA	28
POPIS ILUSTRACIJA	29
POPIS TABLICA	30
PRILOG	31

UVOD

U proteklim stoljećima plovidba je bila ovisna o vremenskim uvjetima za razliku od današnjice. Upravo zbog toga se određivala najpovoljnija ruta s obzirom na meteorološke elemente. Tijekom dugogodišnjih meteoroloških motrenja ustanovile su se pojedine klimatske plovidbene rute s povoljnim i stalnim vremenom. U Međunarodnom pomorskom atlasu i različitim meteorološkim priručnicima, tzv. peljarima prikazani su podaci, a najpogodnije područje je između 30° N i 25° S¹, i to izvan dosega tropskih ciklona.

Prognostičko-vremenske rute za plovidbe i krstarenja do deset dana određuju se posljednjih desetak godina. Trebaju omogućiti najkraće vrijeme plovidbe, najmanji rizik oštećenja broda, te najmanju potrošnju goriva, a za krstarenja i najveću moguću osunčanost. Rute se određuju pomoću meteoroloških prognostičkih karata. Ponekad se prognostički podaci kombiniraju s klimatološkim, gdje se uvažava visinsko strujanje. Vremenske rute čine zahtjevi kao što su točna procjena visine i perioda valova te realna brzina broda dobivena uvažavanjem valova.

U području nepogoda u umjerenim zemljopisnim širinama, osnovno načelo plovidbe je obilaženje područja s olujnim vjetrovima i visokim valovima. Tijekom plovidbe u tropskim područjima potrebno je pravodobno otkriti ciklon, poznavati njegov intenzitet i prostranstvo te pratiti gibanje njegova središta da bi se mogao odabrati najbolji način zaobilaska. Ciklon se zaobilazi s ekvatorske strane (plovidbena polovina) ako oblik obale i osnovni kurs plovidbe dopušta. Valove s bočne strane broda, koji su u predjelu ciklona visoki od 10 do 15 m i više, valja izbjegavati. Zimski uvjeti su nepogodniji za plovidbu od ljetnih pa tada učinci meteorološke navigacije dolaze do izražaja. Pravilnim odabirom rute, u susret cikloni ili fronti, brod može uštedjeti prosječno 12% goriva.

¹ Gelo, B.: Opća i pomorska meteorologija, Sveučilište u Zadru, 2010.

2. METEOROLOŠKI INSTRUMENTI

Sprave za mjerenje meteoroloških elemenata su meteorološki instrumenti. Pomoću njih se mjeri atmosfersko stanje i meteorološke pojave, iako se neke ocjenjuju vizualnim opažanjem u mreži točaka na cijelome svijetu. Meteorološke stanice na kopnu i stacionarni brodovi meteorološke stanice čine mrežu, a njihovi podaci se dopunjuju meteorološkim motrenjima s ostalih brodova.

Posebni instrumentalni podaci dobivaju se preko uređaja na vrlo visokim građevinskim objektima kao što su tornjevi, dimnjaci, antene više od 100 m itd., te iz uređaja na plutačama, avionima, aerostatima, balonima, raketama i meteorološkim satelitima.

Meteorološki instrumenti se dijele na instrumente za prizemna, visinska i posebna mjerenja. Svaki od njih mora odgovarati istim zahtjevima kao i ostali znanstveni instrumenti. Međutim, ima i posebnih zahtjeva koji su u vezi s radnim uvjetima u meteorologiji. Kod takvih instrumenata, osim točnosti i pouzdanosti, traži se da budu čvrsto građeni i otporni na vremenske nepogode.

Instrumenti za prizemna mjerenja su oni kojima se u mreži meteoroloških stanica redovito mjeri na površini Zemlje, na kopnu ili na moru. Takvi instrumenti se zbog široke uporabe rade za jednostavno održavanje i ne smiju biti skupi. Moraju biti lako čitljivi jer njima ne rukuju uvijek stručnjaci. Njima se mjere prvenstveno tlak, temperatura i vlaga zraka, količina oborina, vjetar i trajanje insolacije.

Instrumenti za visinska mjerenja služe za redovito istraživanje viših slojeva atmosfere.

Instrumenti za posebna mjerenja služe za raznovrsna prizemna i visinska mjerenja. Neki od instrumenata se upotrebljavaju na određenom broju stanica, kao što su instrumenti za mjerenje zračenja, isparivanja, zagađenosti zraka, meteorološki radari za detekciju oblaka i oborina, instrumenti za mjerenje vidljivosti, visine oblaka, brzine gibanja oblaka, sastava snježnog pokrova. Upotrebljavaju se i za povremena istraživanja sastava atmosfere, atmosferskog elektriciteta, ozona, zračenja pojedinih slojeva atmosfere, kapljica i kristala u oblacima, vertikalnih atmosferskih gibanja i dr. Metode se razlikuju, a instrumenti uglavnom nisu standardizirani. S obzirom da mnoga mjerenja obavljaju stručnjaci, instrumenti mogu biti vrlo složeni za rukovanje.

Vrijeme, kao stanje atmosfere u nekom trenutku i na nekom području je glavni čimbenik meteorologije, a zadatak meteorologije je prognoziranje vremena u budućnosti.

Za mogućnost izrade bilo kakve vremenske prognoze potrebno je poznavati vrijeme u nekom određenom trenutku, a buduće vrijeme će uvijek ovisiti o prošlom. Moderno prognoziranje vremena, uglavnom se temelji na numeričkim modelima koji simuliraju ponašanje atmosfere u vremenu.

Metode kojima se izračunava buduće stanje atmosfere u zavisnosti od prošloga se temelje na diferencijalnim jednadžbama stanja. Izračunavaju se putem jakih računala u prognostičkim centrima diljem svijeta, a najpoznatiji od njih je sistem za prognozu na čitavoj zemaljskoj kugli - GFS, ili model za prognozu lokalnih razmjera kao Aladin². Ulazni parametri takvih prognoza (varijable) su meteorološki elementi koji se očitavaju na meteorološkim postajama diljem svijeta.

Točnost takvih modela za prognozu zavisi od mnogo faktora. Idealni ulazni parametri kao što je točna temperatura na 5 decimala, zbog famozne teorije kaosa, kada atmosfera prestane slijediti deterministički režim ponašanja, svi modeli padaju u vodu i prognoza vremena je tada nemoguća. Srećom, atmosfera dosta dobro slijedi deterministički režim 10-tak dana unaprijed (nekad više, nekad manje), pa je prognoza putem ovakvih modela iznimno zahvalna. Međutim, na točnost modela znatno će utjecati točnost ulaznih parametara. Pogreške u ulaznim parametrima se skupo plaćaju, na način da u trenutku kada je atmosfera na rubu determinističkog režima (prosječno cca tjedan dana unaprijed, pa čak i manje), jedan pogrešan ulazni parametar vodi prognostički model u sasvim krivom smjeru, a tada se dolazi do zaključka da je prognoza skroz pogrešna. Zbog toga je važno da su instrumenti kojima mjerimo stanje atmosfere, što je moguće točniji, i da motritelj koji ih „čita” (ako nije automatizirano očitavanje) radi svoj posao najsavjesnije što može.

²Preuzeto sa :<http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

3. METEOROLOŠKI INSTRUMENTI NA BRODU

Meteorološka mjerenja na moru su kompleksnija za obaviti jer more stalno mijenja uvjete mjerenja. Zbog toga se na brodovima treba mjeriti vrlo pažljivo da se dobiju podaci koji prikazuju stanje atmosfere i mora izvan utjecaja brodskih gibanja. Brodski instrumenti moraju biti izrazito čvrsti i jednostavni jer su radni uvjeti i vremenske prilike mnogo teži nego na kopnu.

Najbitniji instrumenti na brodu³ koji se koriste za mjerenje vrijednosti meteoroloških elemenata su:

- termometar,
- psihrometar,
- barometar,
- ombrometar (kišomjer) i
- anemometar.

Nabrojeni instrumenti služe za trenutno očitavanje vrijednosti meteoroloških elemenata, ali postoje još i autografi, koji na vrpce (dijagram) zapisuju vrijednosti meteoroloških elemenata, a to su:

- termograf,
- barograf,
- anemograf i
- higrograf.

Autografi mogu biti dnevni i tjedni, ovisno o trajanju pisanja na jednoj vrpce. Za niti jedan instrument preciznost nije potpuna jer svi imaju tzv. grešku instrumenta koja je najčešće tvornička. Zbog toga vrijednost te greške utvrđuje proizvođač. Svaki instrument ima certifikat koji daje vrijednost popravka instrumenta. Osim tvorničke pogreške, javlja se i osobna greška motritelja, a obje pogreške čine tzv. sistematsku pogrešku. Postoje još i slučajne greške koje se uklanjaju ponovnim mjerenjem.

Meteorološki instrumenti kao što su najčešće suhi i mokri termometar (Augustov psihrometar), postavljaju se u posebno izrađenu kućicu od drva koja se naziva meteorološki zaklon. Meteorološki zaklon služi zaštiti instrumenata od vanjskih utjecaja,

³Preuzeto sa: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

ali mora osigurati i dovoljno prozračivanje. Brodski meteorološki zaklони kao što je prikazano na slici 1., manji su od kopnenih.



Slika 1. Meteorološki instrumenti na vanjskom dijelu broda

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

4. MOTRENJE I MJERENJE METEOROLOŠKIH ELEMENATA I POJAVA

Metode koje spadaju pod meteorološka mjerenja, a temelje se na opažanjima i mjerenjima su metode za utvrđivanje stanja atmosfere na nekom području. Opažanje je subjektivna, audiovizualna procjena motritelja (naoblaka, grmljavina, pad kiše,...), dok su mjerenja zasnovana na određivanju fizikalnih parametara u atmosferi putem instrumenata (mjerenje temperature, vlažnosti, tlaka, vjetra,...). Postaje na moru mogu osim atmosfere, mjeriti i stanje mora, kao što je njegova temperatura, elemente valova i sl.

Mjerenja atmosfere mogu biti prizemna i visinska. Prizemna se mjerenja vrše instrumentima smještenim uz tlo na određenoj visini (najčešće 2 metra iznad tla, no neki meteorološki parametri se mjere i na drugim visinama, npr. vjetar na 10m).

Visinska mjerenja se obavljaju radiosondama koje se puštaju uvis u slobodnu atmosferu do visine od oko 40km, pomoću meteoroloških balona kao što je prikazano na slici 2. Na visini se mjere temperatura, vlažnost, te smjer i brzina vjetra.



Slika 2. Meteorološki radiosondažni balon

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Meteorološke postaje se, osim na kopnu nalaze i na brodovima i plutačama (slika 3.). Njihov je zadatak meteorološko motrenje na morima i oceanima – s ljudskom posadom ili putem automatskih postaja. Meteorološki procesi ovise o stanju podloge, pa je temperatura površine mora vrlo bitan čimbenik u meteorologiji. Toplije more jače isparava, unoseći veću količinu vlage u atmosferu i obratno. Temperatura mora se standardno mjeri na dubini od pola metra, a za potrebe oceanologije je moguće mjerenje i na većim dubinama.



Slika 3. Meteorološka plutača

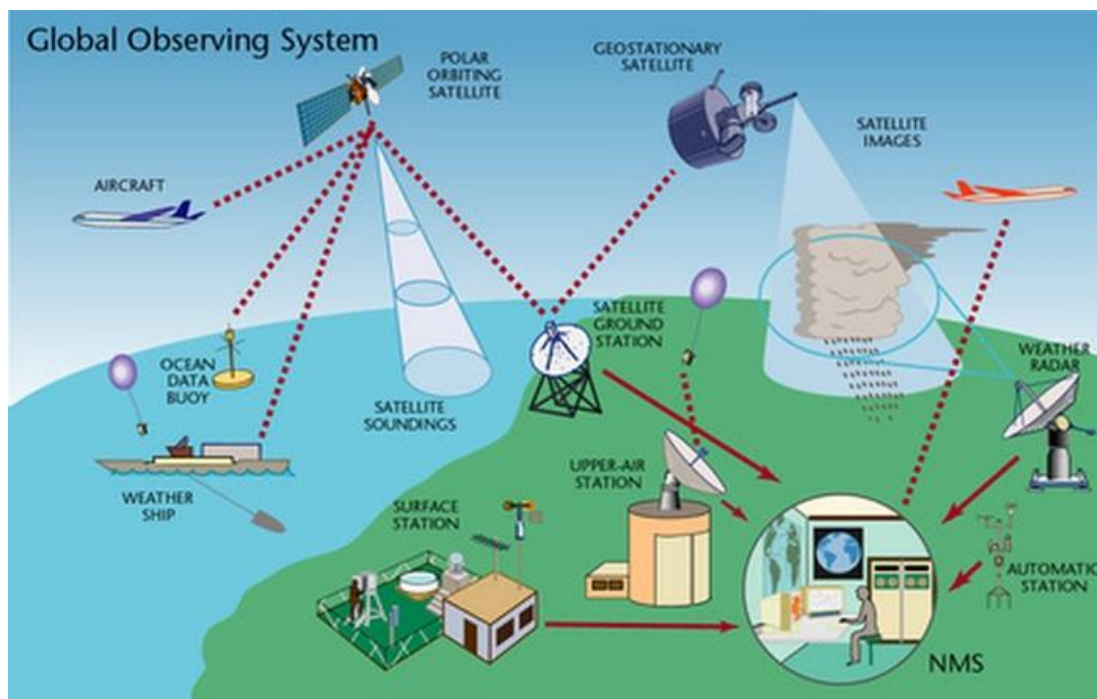
Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Mjerenje na brodovima u vožnji ima smisla samo ako se pozna točna pozicija na kojoj je ono izvršeno, međutim, pozicija ionako nikad ne bi smjela doći u pitanje. Pri mjerenju vjetera, s broda koji je u pokretu, valja obaviti korekciju izmjerene smjera i brzine za kurs i brzinu stvarnog broda, budući da je izmjeren vjetar relativan prema brodu koji se kreće. Korekcija se radi vektorskim oduzimanjem protuvjetera koji nastaje gibanjem broda, od izmjerene vjetera, pri čemu je rezultat oduzimanja stvarni vjetar. Kod mjerenja atmosferskog tlaka, posebice na velikim teretnim brodovima kojima gaz varira nekoliko metara ovisno o stanju nakrcanosti, treba uzeti u obzir stvarnu nadmorsku visinu barometra u trenutku očitavanja, te obaviti točno reduciranje na razinu mora.

Obalne meteorološke postaje mogu mjeriti brzinu i smjer morske struje, te mnoge parametre valova – visinu, smjer, period, elemente mrtvog mora i sl. Sve ove elemente valova moguće je i procijeniti, ali općenito s manjom točnošću nego što omogućava mjerenje instrumentima.

Sva navedena mjerenja se dopunjuju podacima dobivenim pomoću meteoroloških radara i satelita.

U meteorologiji, pod motrenjem se podrazumijeva mjerenje meteoroloških elemenata i njihovo vizualno promatranje. Motrenjem (slika 4.) dobivamo potpuniju sliku o stanju vremena, a vrše se redovna motrenja i izvanredna motrenja po potrebi (osobito kada su u pitanju npr. opasne vremenske pojave).



Slika 4. Globalni sustav motrenja vremena

Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Meteorolo%C5%A1ka_postaja

Motrenje meteoroloških elemenata dovoljno je početi desetak minuta prije utvrđenog termina i završiti do desetak minuta poslije, s tim da ako prilike ne dopuštaju motrenje u propisane termine, tada treba motriti što je moguće bliže tim terminima. Preporučljivo je da elementi koji se brže mijenjaju (npr. temperatura i vlaga) budu očitani što bliže utvrđenom terminu. Motrioc sve dobivene podatke upisuje u brodski meteorološki dnevnik.

4.1. MJERENJE TEMPERATURE

Temperatura se mjeri pomoću termometra na kojima su skale označene u nekim od jedinica temperature. Jedinica za temperaturu je kelvin (K), ali uz nju se za temperaturni razmak može koristiti i jedinica stupanj Celzija (°C) koji je jednak kelvinu. Donedavno se, u zemljama engleskog govora upotrebljavala i jedinica temperature stupanj Fahrenheita (°F). Odnos između temperatura u tim trima temperaturnim jedinicama je prikazan u tablici 1.

Tablica1. Odnos između temperatura u jedinicama kelvina, stupnjevima Celzija i stupnjevima Fahrenheita

$TK = t^{\circ}C + 273,15$	$TK = \frac{5}{9}t^{\circ}F + 255,372$
$t^{\circ}C = TK - 273,15$	$t^{\circ}C = \frac{5}{9}t^{\circ}F - 17,778$
$t^{\circ}F = 1,8 TK - 459,67$	$t^{\circ}F = 1,8 t^{\circ}C + 32$

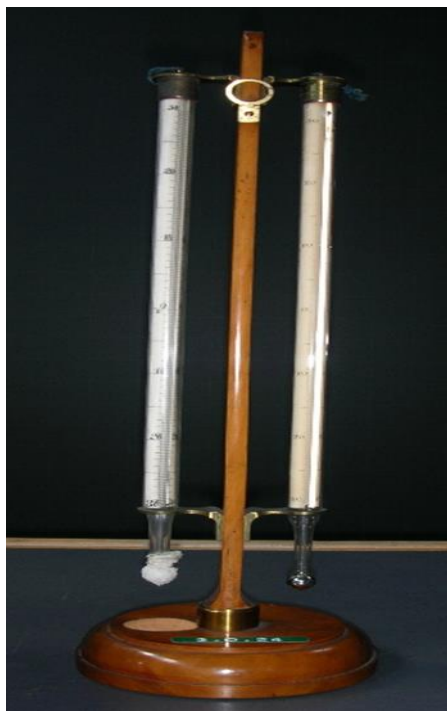
Izvor: Gelo, B.: Opća i pomorska meteorologija, Sveučilište u Zadru, 2010.

Zbog brze promjenjivosti temperature s rastom visine u najnižem sloju atmosfere, utvrđeno je da se reprezentativna temperatura mora mjeriti na visini od 2 metra iznad tla. Termometar ne smije biti izložen zračenju okolnih tijela, a posebno Sunčevim zrakama jer tada pokazuje nerealnu temperaturu zraka. Mora biti u toplinskoj ravnoteži s okolnim zrakom. Da bi se instrumenti zaštitili od utjecaja zračenja, postavljaju se na meteorološke stanice u termometrijske kućice ili zaklone. Terenska mjerenja obavljaju se pomoću sjajnih metalnih oklopa koji instrumente zaštićuju od zračenja. Termometrijska kućica mora biti sagrađena da propušta dovoljno zraka pomoću tzv. žaluzija dok terenski instrumenti moraju imati umjetnu ventilaciju, tzv. **psihrometar**.

Vrlo je važna pri plovidbi kad postigne jako niske ili visoke vrijednosti, te prijeđe neke pragove kao što su $0^{\circ}C$ ili $-3^{\circ}C$ gdje se morska voda zaleđiva. Brod zbog takvih slučajeva, mora teret, koji ne podnosi tako visoke temperature i visoku vlagu pravilno uskladištiti. Dok s druge strane, na područjima s niskim temperaturama od oko -30 do $-20^{\circ}C$ led onemogućava plovidbu. U takvim situacijama je važno prisjetiti se da se temperatura velikih vodenih masa sporo mijenja i da je more golemi toplinski spremnik.

Pri mjerenju temperature se najčešće koriste obični, maksimalni i minimalni termometar (Augustov psihrometar) i termograf. Augustov psihrometar (slika 5.) sastoji se od dva jednaka termometra sa živom, s tim što je posuda jednog termometra obložena krpicom ili tkaninom uronjenom u vodu. Taj se termometar zove mokri, a onaj drugi suhi. S vlažne krpice voda isparava pa posuda ovog termometra gubi toplinu. Zato mokri termometar pokazuje nižu temperaturu za razliku od suhog. Što je zrak suši, isparavanje je jače pa je i razlika u temperaturi između mokrog i suhog termometra veća, i obratno. Kada je zrak zasićen vodenom parom, oba termometra pokazuju gotovo istu temperaturu. Isparena količina vode s krpice u izvjesnom je odnosu s razlikom temperature između

suhog i mokrog termometra, i taj se odnos koristi za proračun vlažnosti zraka i točke rosišta.



Slika 5. Augustov psihrometar

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Obični termometar, prikazan na slici 6., je živin termometar kojim se mjeri trenutno stanje temperature zraka. Pri očitavanju je potrebno provjeriti je li termometar suh, paziti da dahom ne utječemo na temperaturu, da oko bude u visini žive kako bi se izbjegla pogreška zbog paralakse i očitati što brže. Po ovom termometru ravnaju se svi ostali termometri na brodu. Živin termometar, obložen posebnom gumom ili kožom koja ga štiti od oštećenja, služi za mjerenje površinske temperature mora.

Termometri s osjetilnim elementom mjere 30-50 cm ispod površine mora i smješteni su na trupu broda.



Slika 6. Termometri

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

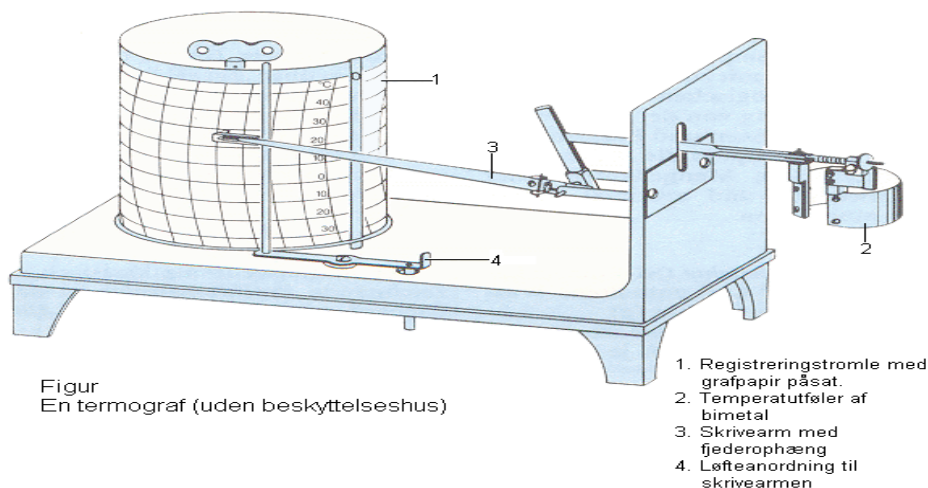
Maksimum-termometar služi za određivanje maksimalne temperature zraka u određenom vremenskom razdoblju. Izlaz iz rezervoara mu je sužen jer u njega ulazi stakleni štapić koji je utaljen u dno rezervoara. Kako temperatura zraka raste, živa zbog širenja izlazi iz rezervoara u kapilaru. U trenutku kada temperatura pada, stupac žive u kapilari ostaje nepromijenjen. Nema sile koja bi živu tjerala kroz uski prolaz natrag u rezervoar pa živa u kapilari pokazuje maksimalnu temperaturu. Uređenje termometra nastupa obično nakon 24 h i to stresanjem jer se živa tada vraća u rezervoar.

Minimum-termometar služi za određivanje minimalne temperature zraka u određenom vremenskom razdoblju. Ima kapilaru u kojoj se nalazi malen štapić koji miruje kada alkohol zbog porasta temperature izađe iz rezervoara u kapilaru. Pri trenutku pada temperature, površinska napetost alkohola povlači štapić iz kapilare sa sobom. Desni kraj štapića pokazuje tada uvijek najnižu temperaturu. Uređuje se naginjanjem jer tako štapić odsklizne do meniskusa alkohola.

Termograf (slika 7.) je instrument koji na papirnoj vrpici neprekidno bilježi temperaturu zraka. Na meteorološkim stanicama nalazi se uz termometre u termometrijskoj kućici. Najčešće se služi bimetalni termometar ili Bourdonova cijev kao receptor.

Bimetalni termometar čini metalna vrpca koja je savijena u obliku prstena. Vrpca je napravljena od dva različita metala koji su duž svoje najšire strane zavareni. To su metali koji se razlikuju u rastezanju pri promjeni temperature, kao što su invar i mjed, invar i čelik i sl. Nejednako širenje metala uzrokuje zakrivljenost vrpce. Jedan njezin kraj čvrsto je vezan za kućicu termografa dok se pomaci drugog kraja, izazvani promjenom temperature, mogu povećati odabranim sustavom poluga i prenijeti na registrirnu vrpcu koja je omotana oko valjka.

Bourdonova cijev je kružno savijena elastična cijev koja je ispunjena tekućinom, najčešće toluolom. S promjenom temperature dolazi do širenja metala i tekućine koji izazivaju i zakrivljenost cijevi što se iskoristi za registraciju temperature.



Slika 7. Termograf

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Postoje i druge vrste termometara od kojih se ističe **električni termometar**. Upotrebljava se za posebna i automatska mjerenja temperature jer dobro prati njene brze promjene, te je pogodan za prijenos podataka u daljinu. Uz električni termometar, koriste se još i termometri na otpor i termoelementi (termočlanci).

Termometar na otpor se osniva na svojstvu električnih vodiča ili poluvodiča tako da s promjenom temperature mijenjaju električni otpor. Tanka metalna žica, uglavnom izrađena od platine služi kao receptor. Debela je oko 0,2 do 0,04 mm. Spiralno je omotana oko izolatora i radi zaštite utaljenu u staklo ili kvarc u obliku štapića. Za vrijeme mjerenja se kroz žicu pusti struja. Galvanometar pokazuje jakost struje koja ovisi o temperaturi žice. Skala na galvanometru je podijeljena u stupnjevima.

U novije vrijeme se upotrebljavaju i **termistori**. To su otporni termometri kojima poluvodič služi kao receptor. Kod njih je jako izražena ovisnost otpora o temperaturi.

Termoelementi polaze od činjenice da u krugu, koji je izrađen od dva različita metala, s tim da su spojišta na različitim temperaturama, teče struja zbog javljanja elektromotorne sile. Ona ovisi o razlici temperature na oba spojišta. Jedno spojište drži se na stalnoj temperaturi, dok se galvanometrom određuje temperatura drugog spojišta, te se ono stavlja u toplinsku ravnotežu sa sredstvom kojem treba odrediti temperaturu. Meteorologija najčešće koristi termoelemente kao što su bakar-konstantan, željezo-

konstantan, manganin-konstantan i dr. Oko 40 do 50 mikrovolta iznosi elektromotorna sila po °C razlike temperature na spojištima.

4.2. MJERENJE VLAŽNOSTI ZRAKA

Vlažnost zraka izražava se kao apsolutna vlaga, napon ili tlak vodene pare, relativna vlaga, temperatura rosišta i sl. Jedinice kojima se izražava vlažnost zraka jesu: za napon – mb i mmHg, za relativnu vlažnost – postoci zasićenosti zraka vlagom (0-100%), a za temperaturu rosišta – stupanj temperature.

Za mjerenje vlažnosti zraka upotrebljavaju se uglavnom Augustov psihrometar (suhi i mokri termometar), obrtni psihrometar, higrometar i higrograf.

Psihrometar je instrument sastavljen od dva jednaka termometra, a to su lijevi „suhi termometar“ i desni „vlažni termometar“. Razlika je što vlažni termometar ima rezervoar omotan tankom krpicom od muselina. Krpica se navlaži destiliranom vodom prije mjerenja. Podaci psihrometra ovise o brzini strujanja zraka uz rezervoare termometara pa je najbolje da oba termometra umjetno ventiliraju, odnosno da zrak određenom brzinom struji pokraj rezervoara termometara, što se postiže **aspiratorom**. Na meteorološkim stanicama je psihrometar smješten u termometrijskoj kućici, dok se za rad na terenu upotrebljava prijenosni psihrometar po Assmannu. Kod takvog psihrometra oba termometra su zaštićena od zračenja metalnim oklopima. Augustov psihrometar je stariji tip psihrometra te nema umjetne ventilacije pa zbog toga ne daje pouzdane podatke. Vlažni termometar pokazuje nižu temperaturu od suhog jer se isparavanjem vode s krpice troši toplina. Temperatura će biti niža što je vlaga u zraku manja. Iz očitane temperature suhog termometra ($t^{\circ}\text{C}$) i temperature vlažnog termometra ($t'^{\circ}\text{C}$) kod psihrometra s aspiratorom, može se odrediti tlak vodene pare (e) mmHg po formuli:

$$e = E' - \frac{1}{2}(t - t') \quad (1)$$

E' - maksimalni tlak vodene pare pri temperaturi vlažnog termometra t'

Formula vrijedi za stanice čija nadmorska visina ne prelazi nekoliko stotina metara. Tlak vodene pare i relativna vlaga se u praksi uzimaju iz psihometrijskih tablica.

Pomoću prva dva instrumenta vlažnost zraka određuje se na osnovi razlike temperature suhog i mokrog termometra, dok ostali instrumenti neposredno pokazuju vlažnost zraka u %.

Higrograf (slika 8.) je instrument koji neprekidno bilježi promjene relativne vlage zraka. Kod njega je iskorišteno da se svojstvo ljudske vlasi produljuje kad relativna vlaga zraka raste. Receptor je dio higrografa sastavljen od snopa vlasi koje su učvršćene na oba kraja. Duljina snopa se povećava sistemom poluga i prenosi na pero koje piše po registrirnoj vrpci.



Slika 8. Higrograf

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Podatke higrografa treba češće uspoređivati s psihometrijskim jer se svojstva vlasi mijenjaju prema vremenu i ovise o temperaturi zraka. Pouzdaniji su podaci pri nižim temperaturama nego pri višim. Veličine kojima se može izraziti sadržaj vlage u zraku, kao što su rosište, apsolutna vlaga, omjer miješanja, deficit zasićenosti te specifična vlaga ne mjere se u redovitoj meteorološkoj praksi, već se izračunavaju pomoću podataka koje daje psihrometar.

Higrometar (slika 9.) je instrument koji neposredno pokazuje postotak zasićenosti zraka, odnosno relativnu vlagu. Higrometar nije potpuno precizan, ali ipak je koristan naročito pri nižim temperaturama i pri relativnoj vlazi između 40% i 60%.



Slika 9. Higrometar

Izvor : <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

4.3. MJERENJE TLAKA ZRAKA

Instrumenti za mjerenje tlaka zraka zovu se barometri. Postoji živin barometar, metalni barometar (aneroid) i barograf.

Mjerna jedinica za tlak je paskal, dok se u meteorologiji koriste 100 puta uvećana jedinica (hektopaskal – hPa). Hektopaskal odgovara milibaru ($1\text{hPa} = 1\text{mbar}$). Očitavanje atmosferskog tlaka se obavezno svodi na morsku razinu (visinu od 0 metara) i temperaturu 0°C , da bi se mogle uspoređivati vrijednosti izmjerene na različitim postajama, što se radi tablicama ili formulama. Tendencija barometra pokazuje hod tlaka zraka za tri sata koja prethode vremenu promatranja. Utjecaj sile teže na visinu stupca ovisi o zemljopisnoj širini i nadmorskoj visini dotičnog mjesta. Obje te vrijednosti zbrajaju se u jednu i čine popravak zbog sile teže. Njenu vrijednost daje centralna meteorološka služba.

Atmosferski tlak ili tlak zraka je sila djelovanja udaraca molekula atmosfere na neku površinu preračunata na jedinicu površine. Veličina tog tlaka u određenoj točki atmosfere je neovisna o položaju te površine. Mjeri vertikalno postavljenim živinim barometrom. To je cijev ispunjena vakuumom u kojem se živa slobodno diže, zavisno od tlaka zraka koji pritišće otvoreni kraj cijevi. Visina stupca žive određuje atmosferski tlak. Očitavanje takvog barometra je potrebno ispraviti za temperaturu žive, što se lako obavi tablicama ili formulom.

Tlak zraka se mijenja i u horizontalnoj ravnini. Na morskoj razini prikazuje se linijama jednakog tlaka zraka, izobarama. Horizontalne promjene tlaka zraka su mnogo manje nego vertikalne i to oko 10 000 puta. U horizontalnoj ravnini, veličina koja karakterizira promjenu tlaka je **horizontalni barički gradijent**. Pokazuje promjenu tlaka na jedinicu udaljenosti u smjeru okomitom na izobare, a jedinica za udaljenost pri određivanju gradijenta obično je jedan medijanski stupanj (oko 111km) ili 100km. Srednji horizontalni gradijenti kreću se oko 1mmHg/100km.

Za atmosferski tlak se prije često koristila jedinica milimetri žive mmHg;

$$1\text{mmHg} = 1,333... \text{ hPa}$$

Drugi instrument za mjerenje atmosferskog tlaka je **aneroidni barometar**. Radi na principu deformacije elastičnih metalnih kutija zbog promjene okolnog tlaka, a tlak prikazuje kazaljkom. Barometri su temperaturno kompenzirani, pa se izmjerena vrijednost ne svodi na 0°C. Preciznost im je manja od živinih barometara.

Barograf mjeri i bilježi vrijednost atmosferskog tlaka kroz vrijeme. Izmjerene vrijednosti bilježi na papir ili pamti u elektroničkom obliku.

Na brodu se najčešće koristi aneroidni barometar ili barograf posebne konstrukcije. Prije očitavanja aneroida, treba nekoliko puta lagano kucnuti prstom po staklenom poklopcu da bi kazaljka svladala trenje (tromost mehanizma) i došla na pravo mjesto. Aneroidni barometar za brodove podešen je tako da direktno pokazuje tlak zraka na morskoj razini. Na pokazivanje aneroida ne utječe sila teže pa na brodu dolazi u obzir samo popravak instrumenta. Pokazivanje aneroida treba povremeno uspoređivati sa kontrolnim živinim barometrom.

Barograf radi na istom principu kao i aneroid, s tom razlikom što bilježi stanje promjene tlaka zraka.

4.4. MOTRENJE OBLAKA

Oblaci, kao vidljive nakupine kapljica i ledenih kristalića, nastaju kada se vodena para ohladi ispod temperature rosišta. Vodena para može biti u krutom, tekućem i plinovitom stanju, upija svjetlost i odbija je, te utječe na prozirnost i boju atmosfere.

Za uspješno motrenje oblaka potrebno je odrediti rod, vrstu i podvrstu, količinu i smjer kretanja oblaka. Uglavnom nastaju u prvih 10km atmosfere jer se količina vodene pare smanjuje s visinom tako da ponestaje materijala za njihovo formiranje.

Vrste oblaka koje nastaju od izbačene prašine vulkanskih čestica se nalaze na velikim visinama u stratosferi.

WMO (World Meteorological Organization) je odredila 10 vrsta oblaka, razdijeljenih u podvrste koje se razlikuju s obzirom na visinu pojavljivanja, oblik i sastav.

S obzirom na visinu postoje tri osnovna oblika oblaka:

- **cirusi** (paperjasti),
- **kumulusi** (grudasti) i
- **stratusi** (slojeviti).

Visoki oblaci su ledeni, s temperaturama nižim od -35°C i pojavljuju se na visini od 7–13km, a tu spadaju cirusi, cirokumulusi i cirostratusi.

Srednje visoki oblaci su mješoviti od leda i vode, s temperaturama od -10°C do -35°C i pojavljuju se na visini od 2–7km, te tu spadaju alokumulusi, altostratusi i nimbostratusi.

Niski oblaci su vodeni, s temperaturama od -10°C do više od 0°C i pojavljuju se od tla morske površine do visine od 2km, a to su kumulusi, kumulonimbusi, stratokumulusi i stratusi.

Ohlađivanje zraka nastaje raznim procesima kao što je dugovalno zračenje kojim se postiže ohlađivanje zemljine površine i nižih slojeva vlažnog zraka, dodiranjem toplog i vlažnog zraka s hladnom podlogom, miješanjem dijela mase zraka različitih temperatura i vlage koje su blizu zasićenja i adijabatskim dizanjem zraka.

Uz hlađenje vlažnog zraka od velike je važnosti i formiranje oblaka koje se događa pomoću dva fizikalna procesa:

- kondenzacije i
- sublimacije.

Za te procese su specifične jezgre koje su u kondenzaciji mikroskopski sitne lebdeće čestice i to higroskopne, lako upijaju vlagu i postaju sve vlažnije dok se na kraju ne rastope i postanu kapljice.

Na ledenim jezgrama, tj. sublimacijskim, direktno vodena para prelazi u kristale i one su higrofobne tako da ostaju suhe tijekom cijelog procesa.

Ističe se pet načina nastanka oblaka kada je riječ o procesima ohlađivanja zraka i jezgrama.

Advekcijski ili frontalni oblaci specifični su zbog strujanja zraka drugačijih svojstava. Hladniji zrak se grije nad zagrijanom Zemljinom površinom te se počinje penjati jer ga sila uzgona tjera prema gore. Tako zrak postaje topliji i bogatiji vlagom, smanjuje se gustoća zraka i tlak, a raste volumen, tj. širi se zbog čega se troši energija. Pri nedostatku dotoka energije tom zraku, dolazi do ohlađivanja. Kad se ohlađeni zrak podigne i dostigne točku rosišta pri kojoj dolazi do depozicije, tj. kondenzacije vodene pare, nastaju vidljive vodene kapljice koje se zovu oblaci. Vлага u zraku utječe na rast obujma oblaka i kada kapljice koje su upijale vlagu postanu preteške, past će u obliku kiše na zemlju. „Grudastog“ su oblika i uglavnom donose obilne oborine, a postoji mogućnost i nastanka nevremena.

Kod toplijeg zraka, koji dostruji, doći će do dizanja, ali tako da će topao zrak biti iznad hladnog. Nastati će slojeviti oblaci koji su specifični po dugim i mirnim kišama.

Orografski oblaci su specifični zbog svog nastajanja koje se događa utjecajem planina jer one djeluju kao prepreka za strujanje zraka. Navjetrinska strana planine je izložena djelovanju vjetra koji potiče zrak na dizanje. Tada se zrak hladi i dostiže točku rosišta, tj. nivo kondenzacije. Formiraju se orografski oblaci iz kojih može doći do oborina ako je zrak pri podizanju bio dovoljno vlažan. Količina oborine raste s visinom do 4 km, dok se na zavjetrinskoj strani planine zrak spušta i grije, što pokazuje da su to suši dijelovi.

Tu se javljaju razni tipovi toplih vjetrova kao što je **fen** na području sjevernije od Alpa i **chinook fen**⁴ u Andama i Kordiljerima. Razlika u temperaturi s dvije strane planine ponekad može iznositi i 10°C u istom trenutku.

⁴Gelo, B: Opća i prometna meteorologija, II dio. Hinus, Zagreb, 2000.

Radijacijski oblaci nastaju u uvjetima laganog ohlađivanja sloja zraka uz tlo. Visoki oblaci nisu specifični kod njihova nastanka. Noću se tlo stalno hladi, a vodena para kondenzira te tako nastaje magla koja se tijekom dana izdiže i od 50-100 m pa prelazi u niski oblak. Javljaju se u uvalama, kotlinama i vrtačama jer je tu mirnije i nema vjetera.

Oblaci termičkog uzdizanja nastaju zbog nejednolikog zagrijavanja tla što tjera zrak iznad hladnijeg područja da se brže diže. Stvaraju se gomilasti oblaci pa dolazi do pojave kiša i nevremena.

Pod pojmom naoblake smatra se količina sveukupnog oblačnog pokrivača na nebu bez obzira na rodove i vrste oblaka. Količina naoblake određuje se u osminama (0-8), a za potrebe klimatologije u desetinama (0-10). Noću se naoblaka procjenjuje prema prekrivenim dijelovima neba na kojima se ne vide zvijezde, dok se pri mjesecini procjenjuje kao i po danu. U gustoj magli, kada se nebo ne vidi, smatra se da je ono potpuno prekriveno. Visina oblaka najčešće se određuje odoka. Iskoriste se poznate visine okolnih brda. Na otvorenom moru visina se procjenjuje vizualno. Može se koristiti i reflektor kojim se baca uzak i tanak snop svjetlosti pa se određivanjem kuta pod kojim se vidi osvijetljena točka na oblaku uz pomoć posebnih tablica dobiva visina. Smjer kretanja oblaka određuje se prema ruži vjetrova i to prema strani horizonta odakle dolaze.

4.5. MJERENJE OBORINA

Oborine su proizvodi vodene pare koji u tekućem ili krutom stanju padaju iz oblaka na tlo ili se stvaraju pri tlu zemlje. Potrebno je odrediti vrstu, jačinu, trajanje i količinu oborina. Vrsta oborina određuje se na osnovi opisa pojedinih oborina. Mjera za količinu oborina je visina sloja vode u mm na vodoravnom tlu kada od oborina ne bi ništa isteklo, upilo se u zemlju ili isparilo. Visina sloja od 1mm na površini od metra kvadratnog odgovara 1l vode. Visina snježnog pokrivača mjeri se visinom njegova sloja u cm na ravnoj površini. Visina od 1cm približno odgovara visini vode od 1mm. Za mjerenje količine oborina služe **kišomjer (ombrometar)** i **ombrograf**, a za mjerenje visine snijega služi **snjegomjerna daščica** ili **snjegomjer**.

Meteorološka praksa u Hrvatskoj upotrebljava kišomjer tipa Hellmann koji se sastoji od gornje posude s lijevkom, donje posude i boce, tj. limenke smještene u donjoj posudi. Ispust lijevka ulazi u grlo posude tako da se izbjegne isparavanje sakupljene vode.

Otvor gornje posude kroz koji pada oborina ima površinu 200cm^2 . Stalnost površine je očuvana oštirim obručem od mjedi kojim je ojačan rub otvora. Rezultati dobiveni mjerenjima u kišomjeru se ekstrapoliraju na desetak milijuna puta veće površine.

Količine oborina se mjere tako da se svakog jutra u 7h izmjeri u limenki sakupljena voda menzurom baždarenom u milimetrima oborine. Pri nedostatku menzure količina se može odrediti i vaganjem. Svakom gramu odgovara 1cm^3 oborine, što znači da pri opisanom kišomjeru svakih 20g izvagane oborine znači 1mm oborine.

Kišomjer (ombrometar) prikazan na slici 10. je valjkasta posuda, postavljena uspravno, s otvorom na vrhu, površine 200cm^2 . Kroz taj otvor ulazi kiša, koja se slijeva u kanticu na dnu. Oko kantice se nalazi zatvoreni zračni prostor radi toplinske izolacije, da bi se spriječilo isparavanje nakupljene kiše. Kod očitavanja, iz kantice se voda ispušta u menzuru sa skalom u milimetrima i očitava njezina količina. Kišomjer se obično postavlja na stup, na visinu od 1 metar iznad tla.

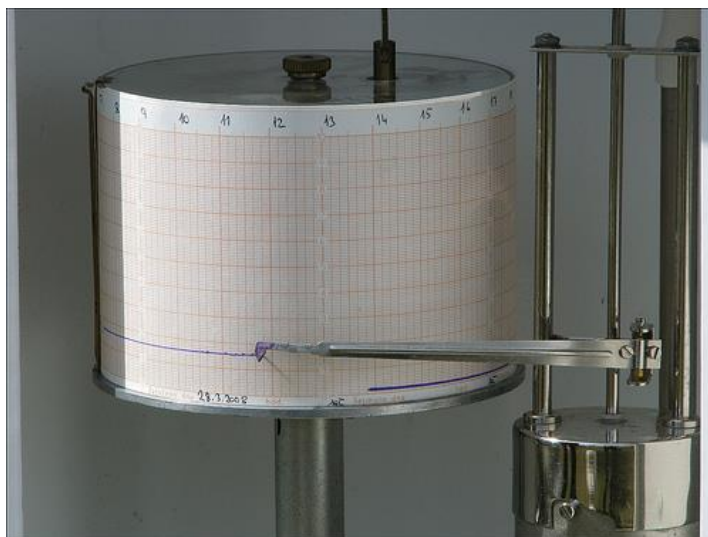


Slika10. Kišomjer (ombrometar)

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Osim napadale količine kiše, mjeri se i njezin intenzitet. Intenzitet kiše se izražava u milimetrima u minuti (mm/min), a mjeri se instrumentom koji se naziva **ombrograf** (slika 11.). Iz zapisa (ombograma) se određuje količina, trajanje oborine, te njen početak i svršetak. Hellmannov ombrograf se osniva na principu plovka. Otvor je jednak kao i na kišomjeru, te kroz njega ulazi oborina koja se skuplja u posudi. U posudi se nalazi plovak povezan s perom i sve dok oborina dotječe, plovak s perom se diže. Sličan registrirni dio instrumenta je i ostalim autografima. Krivulja će biti strmija što oborina bude jača.

Kad je posuda napunjena vodom, automatski se prazni kroz teglicu. Tada pero pada na nulu, a registracija se analogno nastavlja do prestanka oborine kad pero počne pisati horizontalnu crtu. Zimi se može upotrijebiti i za mjerenje oborinske vode od snijega, ali se u njega moraju ugraditi žarulje za grijanje.



Slika 11. Ombrograf

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Nifograf je instrument koji radi na principu vage i bolje registrira intenzitet i vrijeme padanja snijega od ombrografa.

Na nepristupačnim predjelima se postavljaju znatno veći kišomjeri, tzv. **totalizatori** koji se ispražnjuju tek nekoliko puta godišnje.

Visina snijega se mjeri štapom baždarenim u centimetrima. Postavlja se na ravnom mjestu, koje nije u privjetrini ni zavjetrini, niti je zaklonjeno nekim okolnim objektom. Mjeri se ukupna visina snježnog pokrivača, ali i novi snijeg, napadao u posljednja 24 sata.

4.6. ODREĐIVANJE VIDLJIVOSTI

Kad je brod u vožnji, daljina vidljivosti određuje se na osnovi pojave objekata poznate udaljenosti pored kojih brod prolazi. Pri tom se može upotrijebiti i radar. Kad je brod usidren, procjenjuje se na osnovi karakterističnih okolnih predmeta s točno poznatom udaljenošću. Mogu se koristiti i naprave za mjerenje vidljivosti, koje rade na principu fotoćelije.

Vidljivost se može mjeriti pomoću **visibilimetra**. To je uređaj koji se sastoji od prijemnika svjetlosnog signala i koji uspoređuje količinu svjetla odaslanu s jednog mjesta s količinom primljenom na drugom mjestu.

Vidljivost je najveća udaljenost pri kojoj se crni objekt prikladnih dimenzija smješten pri tlu može raspoznati na svijetloj podlozi. Meteorološka vidljivost se zasniva na prozirnosti zraka. Kada je zrak noću i danju isti, tada je i vidljivost ista. Otežano određivanje vidljivosti je nakon zalaska sunca zbog smanjenja osvijetljenosti. Tada se ne uzima u obzir udaljenost na kojima se predmeti vide, nego se vidljivost određuje prema svjetlosnim izvorima čija je udaljenost i jakost poznata. Svjetlosni izvori se nazivaju noćni reperi.

Noću se vidljivost definira kao udaljenost gdje se svjetlo od 1000 kandela razaznaje na neosvijetljenoj tamnoj podlozi.

Svjetlosni reperi se postavljaju na istim udaljenostima kao i dnevni. Kao repere najbolje služe obične žarulje kojima se zna jakost koja se pomnoži s 1,7 i dobije se jakost u kandelama. Za primjer se može spomenuti svjetionik na moru koji nije najbolji izbor noćnog repera osim ako bljesak ne traje ujednačeno barem 2 sekunde.

Noću se udaljenost određuje pomoću svjetlosnih repera koji se najbolje vide, te pomoću posebnog dijagrama na kojem su ucrtane jakosti svjetlosnih repera u kandelama.

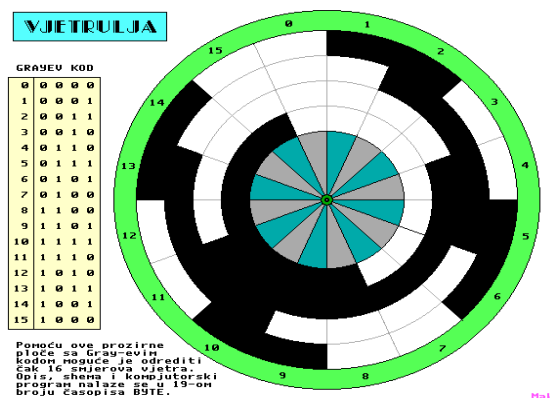
Ako ne postoje svjetlosni reperi, koriste se dnevni te je tako određena vidljivost samo približna.

4.7. MJERENJE VJETRA

Vjetar je vektorska veličina, koja je potpuno određena tek kada poznamo obje njegove komponente – smjer i brzinu (jačinu). Smjer vjetra je strana horizonta odakle vjetar puše, a brzina je put čestica zraka prevaljen u jedinici vremena (ili kako bi rekli

fizičari, prva derivacija puta u vremenu). Smjer se označava kardinalnim stranama svijeta ili po azimutu (u stupnjevima 0 do 360), dok se brzina mjeri u metrima u sekundi (m/s), kilometrima na sat (km/h), čvorovima (kn) ili nekom drugom dopuštenom jedinicom za brzinu. U pomanjkanju uređaja za mjerenje brzine, ona se procjenjuje Beaufortovom skalom (točnije, procjenjuje se jačina vjeta).

Smjer vjetra se određuje vjetruljom (vjetrokazom) prikazanom na slici 12.



Slika 12. Vjetrulja

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

To je lagani pokazatelj u obliku strijelice, montiran na vertikalnoj osovinu koja se slobodno zakreće oko svoje osi. Za usmjeravanje strijelice prema vjetru, ona na stražnjoj strani ima vertikalnu ploču, koja služi kao „kormilo”. Brzina vjetra se mjeri anemometrom (vjetromjerom). To je vertikalna osovina sa 3 ili 4 šuplje polukugle (Robinsonov križ) koje se vrte pod utjecajem vjetra. Što je vjetar jači, one se brže vrte i vrtnja se lako pretvara u mehanički ili električni ekvivalent, baždaren u jedinicama brzine vjetra. Umjesto polukugli, ponekad se koristi mali propeler.

Mjeriti se može srednja brzina vjetra u nekom razdoblju (obično 2 ili 10 minuta), ili pak trenutna. Mjerenje se standardno vrši na visini 10 metara nad tlom.

Anemograf, prikazan na slici 13., mjeri brzinu vjetra u vremenu i zapisuje izmjerene podatke na papir ili ih čuva u elektroničkom obliku.



Slika 13. Anemograf

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Vjetar je određen kad su mu određeni smjer, brzina i jačina. Smjer vjetra dobiva se prema ruži vjetrova (pomoću vjetrokaza) prikazan na slici 14., i to odakle puše.



Slika 14. Ruža vjetrova

Izvor: <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>

Pod brzinom vjetra podrazumijeva se prevaljeni put čestica zraka u jedinici vremena. Mjeri se anemometrom, a koriste se čvorovi (M/h), m/s i km/h. Pod jačinom vjetra podrazumijeva se sila vjetra kojom on djeluje na pojedine predmete. Potrebno je odrediti i odliku vjetra, odnosno da li je vjetar stalan ili mahovit (na udare). Vjetar se motri na ravnom i otvorenom prostoru, a međunarodnim sporazumom utvrđeno je da visina za

stanice na kopnu treba biti 10m. Pojedini vjetrovi određuju se međunarodnim oznakama koje odgovaraju podjeli ruže vjetrova na šesnaest dijelova (osam glavnih i osam sporednih). Vjetar koji mjerimo na brodu u vožnji je prividni vjetar kao rezultanta pravog vjetra i kursnog vjetra uzrokovanog kretanjem broda. Posebnim postupcima dobivaju se elementi pravog vjetra.

U pomorstvu se vrlo često koristi Beaufortova skala, vidljiva na slici 15. i koja pokazuje jačinu vjetra prema njegovom djelovanju u prirodi.

		Brzina				Visina valova	
		km/h	m/s	kt	mph	m	ft
0 Bf	tišina	< 1	0-0.2	< 1	< 1	-	-
1 Bf	lahor	1-5	0.3-1.5	1-3	1-3	0.1(0.1)	0.25(0.25)
2 Bf	povjetarac	6-11	1.6-3.3	4-6	4-7	0.2(0.3)	0.5(1)
3 Bf	slabi	12-19	3.4-5.4	7-10	8-12	0.6(1)	2(3)
4 Bf	umjereni	20-28	5.5-7.9	11-16	13-18	1(1.5)	3.5(5)
5 Bf	umjereno jaki	29-38	8.0-10.7	17-21	19-24	2(2.5)	6(8.5)
6 Bf	jaki	39-49	10.8-13.8	22-27	25-31	3(4)	9.5(13)
7 Bf	žestoki	50-61	13.9-17.1	28-33	32-38	4(5.5)	13.5(19)
8 Bf	olujni	62-74	17.2-20.7	34-40	39-46	5.5(7.5)	18(25)
9 Bf	jaki olujni	75-88	20.8-24.4	41-47	47-54	7(10)	23(32)
10 Bf	orkanski	89-102	24.5-28.4	48-55	55-63	9(12.5)	29(41)
11 Bf	jaki orkanski	103-117	28.5-32.6	56-63	64-72	11.5(16)	37(52)
12 Bf	orkan	>=118	>=32.7	>=64	>=73	14(-)	45(-)

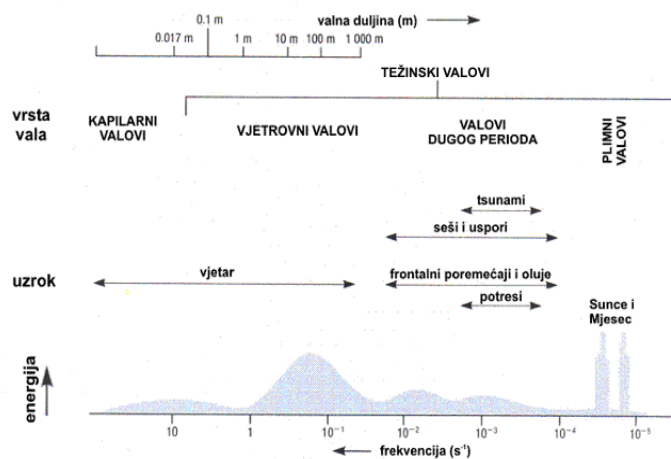
Slika 15. Beaufortova skala

Izvor:<http://meteo.hr/>

4.8. MOTRENJE VALOVA

Vjetar je najbitniji uzročnik morskih valova. Takve valove zovemo vjetrenim valovima, odnosno valovima živog mora, dok se valovi koji ostaju nakon prestanka puhanja vjetra ili koji dolaze iz olujne zone nazivaju mrtvim valovima.

Određuju se sljedeći elementi valova: duljina, visina, amplituda, ordinata, strmina, period, brzina i frekvencija vala, kao što je prikazano na slici 16.



Slika 16. Elementi valova

Izvor: <http://meteo.hr/>

Duljina vala - horizontalna udaljenost između dva uzastopna vrha valnog brijega.

Visina vala - vertikalna udaljenost neke točke valnog profila od razine mora.

Amplituda vala - polovina visine vala.

Ordinata vala - trenutna udaljenost neke točke valnog profila od razine mora.

Valni period - vrijeme između prolaza dvaju uzastopnih vrhova valnog brijega kroz istu nepomičnu točku.

Valna brzina - horizontalna udaljenost koju prijeđe bilo koja točka valnog profila u jedinici vremena.

Valna frekvencija - recipročna vrijednost perioda.

ZAKLJUČAK

Od svog postanka more je čovjeku bilo ne samo izvor hrane nego i veliki izazov. Od samih početaka morem se plovilo, najprije primitivnim plovilima uz obalu radi lova ribe i školjaka, a zatim i radi trgovine. Ono je razdvajalo, ali i spajalo ljude i narode. Još davno je rečeno „ploviti se mora“ (*Navigare neccese est*). Vremenom se sve više razvija pomorski promet i mornari postaju sve traženiji, ali da bi se moglo sigurno i kvalitetno ploviti jako dobro poznavanje meteorologije je nužno.

Meteorolozi dolaze do više podataka, te time postaju svjesniji složenosti vremena i nenadanih opasnosti. Počinju se koristiti nova grafička pomagala koja omogućavaju, putem vremenskih karata, prenijeti dodatne informacije.

Nekadašnji brodovi nisu se mogli uspješno nositi sa silama prirode, nije se mogla točno odrediti geografska pozicija, nisu postojale točne i precizne pomorske karte, a pored svega toga meteorologija i mjerni instrumenti nisu bili ni poznati ni razvijeni kao danas.

Napredak meteorologije uvelike pomaže znanstvenicima razumijeti prirodne sile koje utječu na vremenske prilike. Predviđanje vremena nije čista znanost, već je potrebna i određena vještina. Na temelju iskustva i sposobnosti prosuđivanja određuje se vrijednost podataka koji omogućavaju što točniju vremensku prognozu.

LITERATURA

- [1.] Gelo, B.: Opća i pomorska meteorologija, Sveučilište u Zadru, 2010.
- [2.] Gelo, B: Opća i prometna meteorologija, II dio. Hinus, Zagreb, 2000.
- [3.] Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M.: Vrijeme i klima Jadrana, "Dr. Feletar", Zagreb, 2001.
- [4.] Pravilnik o obavljanju meterološke službe na pomotskim brodovima (**"Narodne novine", broj 68/07**)
- [5.] <http://meteoplaneta.rs/meteoroloski-instrumenti-i-osmatranja/meteoroloska-stanica-i-instrumenti/>
- [6.] <http://meteo.hr/>
- [7.] https://hr.wikipedia.org/wiki/Meteorolo%C5%A1ka_postaja
- [8.] <http://crometeo.hr/kako-se-vrse-meteoroloska-mjerenja-na-brodu/>
- [9.] <http://rijeka.meteoadriatic.net/o-meteorologiji/meteoroloski-instrumenti/>

POPIS ILUSTRACIJA

SLIKA 1. METEOROLOŠKI INSTRUMENTI NA VANJSKOM DIJELU BRODA.	5
SLIKA 2. METEOROLOŠKI RADIOSONDAŽNI BALON	6
SLIKA 3. METEOROLOŠKA PLUTAČA	7
SLIKA 4. GLOBALNI SUSTAV MOTRENJA VREMENA.....	8
SLIKA 5. AUGUSTOV PSIHROMETAR.....	10
SLIKA 6. TERMOMETRI	11
SLIKA 7. TERMOGRAFI	12
SLIKA 8. HIGROGRAFI.....	14
SLIKA 9. HIGROMETAR.....	15
SLIKA 10. KIŠOMJER (OMBROMETAR)	20
SLIKA 11. OMBROGRAFI	21
SLIKA 12. VJETRULJA	23
SLIKA 13. ANEMOGRAFI	24
SLIKA 14. RUŽA VJETROVA	24
SLIKA 15. BEAUFORTOVA SKALA.....	25
SLIKA 16. ELEMENTI VALOVA.....	26

POPIS TABLICA

Tablica1. Odnos između temperatura u jedinicama kelvina, stupnjevima Celzija i stupnjevima Fahrenheita.....	9
---	---

PRILOG

PRAVILNIK

O OBAVLJANJU METEOROLOŠKE SLUŽBE NA POMORSKIM BRODOVIMA

Članak 1.

Obavljanje meteorološke službe obuhvaća:

- a) mjerenja i opažanja pomorskih meteoroloških, oceanografskih elemenata i pojava i onečišćenja mora;
- b) vođenje Brodskog meteorološkog dnevnika;
- c) predaju rezultata mjerenja i opažanja u propisanom obliku obalnoj radijskoj postaji ili direktno Državnom hidrometeorološkom zavodu – Odjel za pomorsku meteorologiju – Split (u daljnjem tekstu: DHMZ – OPM-Split);
- d) dostavu Brodskih meteoroloških dnevnika i Brodskog meteorološkog kontrolnika DHMZ – OPM-Split;
- e) prijam i uporabu potrebnih meteoroloških produkata na brodu.

Članak 2.

Brodovi se uključuju u Shemu Svjetske meteorološke organizacije dragovoljnog mjerenja i opažanja na brodovima (u daljnjem tekstu: SDMOB).

Ministar mora, turizma, prometa i razvitka određuje koji će brodovi biti uključeni u SDMOB i u kojem će obimu obavljati meteorološka mjerenja i opažanja na prijedlog ravnatelja DHMZ.

Način pomorskih meteoroloških mjerenja i opažanja na brodovima, njihovo upisivanje u Brodski meteorološki dnevnik, šifriranje izvještaja i njegova predaja obavlja se prema nalogu kojeg donosi Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka (u daljnjem tekstu: Ministarstvo).

Članak 3.

Brodovi uključeni u SDMOB, s obzirom na opremljenost instrumentima (mjerilima), broj časnika palube i područje plovidbe, razvrstavaju se u tri skupine:

- a) Odabrani brodovi su brodovi na kojima je uspostavljena odabrana brodska meteorološka postaja, koji svoje izvještaje predaju kao potpuni izvještaj.
- b) Dopunski brodovi su brodovi na kojima je uspostavljena dopunska brodska

meteorološka postaja, koji svoje izvještaje predaju kao skraćeni izvještaj.

c) Pomoćni brodovi su brodovi na kojima je uspostavljena pomoćna brodska meteorološka postaja koji svoje izvještaje predaju kao skraćeni izvještaj ili u obliku slobodnog teksta.

Članak 4.

Mjerenja i opažanja na brodovima obuhvaćaju sljedeće elemente:

- a) vjetar (smjer i brzina);
- b) atmosferski tlak;
- c) tendencija tlaka;
- d) karakteristika tendencije tlaka;
- e) temperatura zraka;
- f) temperatura mokrog termometra ili vlaga zraka;
- g) površinska temperatura mora;
- h) valovi (smjer, visina i period);
- i) vidljivost;
- j) sadašnje i prošlo vrijeme;
- k) količina oblaka;
- l) vrsta i visina podnice oblaka;
- m) pozicija, kurs i brzina broda;
- n) led na moru i/ili zaleđivanje na brodu;
- o) posebne pojave (vrlo visoki valovi, jake morske struje, izvještaj o skakavcima i drugo);
- p) morske struje i batimetrijska mjerenja;
- r) tlak, temperaturu i vlagu zraka, te smjer i brzinu vjetra po visini

Članak 5.

Na odabranim brodovima površinska meteorološka mjerenja i opažanja obuhvaćaju sve točke od a) do o) iz članka 4. ➡ ovoga Pravilnika.

Brodovi koji obavljaju i oceanografska (podmorska – program brodovi koji su u mogućnosti – SOOP Ship-of Opportunity Programme (IGOOS) mjerenja uključuju još i točku p) iz članka 4. ➡ ovoga Pravilnika.

Brodovi koji obavljaju i visinska mjerenja (visinska mjerenja – Program automatskog visinskog meteorološkog motrenja – ASAPP Automated Shipboard Aerological Programme (ASAP) Panel) uključuju i jedan ili više parametara iz točke r) iz članka 4. ➡ ovoga Pravilnika.

Na dopunskim brodovima površinska meteorološka mjerenja i opažanja obuhvaćaju točke a), b), e), od h) do l), n) i o) iz članka 4. ➡ ovoga Pravilnika.

Na pomoćnim brodovima površinska meteorološka mjerenja i opažanja obuhvaćaju ograničen broj elemenata iz članka 4. ➡ ovoga Pravilnika.

Članak 6.

Odabrani brodovi za površinska mjerenja su opremljeni sljedećim instrumentima:

- a) barometrom;
- b) psihrometrom;
- c) barografom;
- d) termometrom za mjerenje temperature mora;
- e) anemometrom.

Članak 7.

Dopunski i pomoćni brodovi su obvezno opremljeni barometrom i termometrom za mjerenje temperature zraka, a mogu biti opremljeni i drugim instrumentima iz članka 6. ➡ ovoga Pravilnika.

Članak 8.

DHMZ preporučuje potrebne standardne meteorološke instrumente, njihov tip, kvalitetu i način postavljanja, prateći i primjenjujući razvoj meteorologije.

Troškove nabavke potrebnih standardnih instrumenata i uređaja, postavljanja i održavanja snosi brodar.

Članak 9.

Instrumenti i uređaji koji se koriste za pomorska meteorološka mjerenja i opažanja moraju biti tipno ispitani i ovjereni u skladu s propisima donesenim na temelju Zakona o obavljanju poslova hidrometeorološke službe u Republici Hrvatskoj, Zakona o mjeriteljskoj djelatnosti i Zakona o normizaciji.

Normizaciju i tipna ispitivanja instrumenata i uređaja za meteorološka mjerenja i opažanja te izdavanja ovjernica obavlja Državni hidrometeorološki zavod na temelju ovlaštenja Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo.

Članak 10.

Svi brodovi uključeni u SDMOB u plovidbi i tijekom obavljanja tehničkih radova (platforma za istraživanja i eksploataciju podmorja) obavljaju meteorološka mjerenja i opažanja u glavnim standardnim terminima: 0000, 0600, 1200 i 1800 UTC. Svi odabrani brodovi kao i dopunski i pomoćni brodovi koje odredi DHZM – OPM-Split u dogovoru s brodarom, meteorološka mjerenja i opažanja u Jadranskom moru obavljaju i u međutermima: 0300, 0900, 1500 i 2100 UTC.

U nepovoljnim meteorološkim uvjetima, mjerenja i opažanja se obavljaju i kad je brod usidren na otvorenom sidrištu.

Članak 11.

U slučaju nailaska broda na tropski ciklon (tropsku oluju) ili njihov razvoj, vjetar jačine 10 ili više bofora za koji nije primljeno upozorenje o oluji, temperaturu zraka ispod ledišta praćenu vjetrom olujne snage koji uzrokuje opasno nagomilavanje leda na nadgrađima ili opasan led, zapovjednik broda je dužan izvještajem o opasnosti na bilo koji način upozoriti brodove u blizini i nadležno tijelo na kopnu s kojima može stupiti u vezu.

Članak 12.

U slučaju operacija traganja i spašavanja brodovi koji se nalaze u odgovarajućem području, obavljat će meteorološka mjerenja i opažanja u obimu i dinamici prema traženju DHMZ – OPM-Split.

Članak 13.

U slučaju približavanja nepovoljnih meteoroloških prilika, brod koji se zatekne u takvoj situaciji će mjerenja i opažanja obavljati češće, prema traženju DHMZ – OPM-Split.

Članak 14.

Rezultate mjerenja i opažanja brodovi iz članka 3. upisuju u Brodski meteorološki dnevnik ili na odgovarajući magnetni medij, a vremenski izvještaj predaju obalnoj radijskoj postaji ili direktno meteorološkoj službi, što je moguće prije, ali ne kasnije od 12 sati, odnosno u području izuzetno malog broja meteoroloških podataka sa brodova, ne kasnije od 24 sata nakon obavljenog mjerenja i opažanja.

Odašiljanje meteoroloških izvještaja je besplatno kada se izvještaji predaju prema

propisima Međunarodne telekomunikacijske udruge odgovarajućim obalnim radijskim postajama na propisan način.

Članak 15.

Pomorski meteorološki instruktor (u daljnjem tekstu: instruktor) nadzire meteorološki rad na brodu i pruža potrebne instrukcije o obavljanju meteoroloških mjerenja i opažanja, vođenju Brodskog meteorološkog dnevnika i predaji izvještaja. Instruktor kontrolira meteorološke instrumente te osigurava naputak za obavljanje meteoroloških mjerenja i opažanja.

Instruktor pregledava korištenje meteoroloških informacija na brodu, pruža potrebne instrukcije s tim u svezi, opskrbljuje brod s najnovijom prognozom vremena i ako je potrebno daje brodu potrebne klimatološke i druge stručne informacije.

Ukoliko posjeta instruktora nije moguća, brod može putem nekog telekomunikacijskog sustava zatražiti stručnu pomoć (specijaliziranu prognostičku ili klimatološku informaciju ili kontrolu barometra).

Članak 16.

Inspekcijski nadzor nad provedbom odredbama ovoga Pravilnika obavljaju inspektori sigurnosti plovidbe Ministarstva i lučkih kapetanija i drugi stručni djelatnici Ministarstva i lučkih kapetanija u okviru posebnog ovlaštenja.

Članak 17.

Ako brod iz članka 3. ne pristane u luku u kojoj postoji organizirana pomorska meteorološka služba, ispunjeni listovi Brodskog meteorološkog dnevnika odnosno magnetni medij s podacima dostavljaju se pomorskoj meteorološkoj službi putem pošte nakon završetka svakog tromjesečja.

Zajedno s Brodskim meteorološkim dnevnicima odnosno magnetnim medijem s podacima dostavlja se i ispunjeni primjerak Brodskog meteorološkog kontrolnika.

Članak 18.

Ako je brod iz članka 3. ➡ ovoga Pravilnika propao, prodan ili se trajno povuče iz plovidbe, brodar o tome odmah izvještava pomorsku meteorološku službu, a ispunjeni listovi brodskog meteorološkog dnevnika ili odgovarajući magnetni medij s podacima,

zajedno s primjerkom Brodskog meteorološkog kontrolnika dostavljaju se odmah DHMZ – OPM-Split.

Članak 19.

Brodar je dužan DHMZ – OPM-Split dostaviti sve tražene podatke o brodu koji je uključen u SDMOB.

Članak 20.

Brodove iz članka 3. ➡ ovoga Pravilnika Ministarstvo uvodi u Hrvatski popis odabranih, dopunskih i pomoćnih brodova, a podatke o njima dostavlja DHMZ – OPM-Split koji o tome izvješćuje Svjetsku meteorološku organizaciju za izradu Međunarodnog popisa odabranih, dopunskih i pomoćnih brodova.

Članak 21.

Brodovi su dužni raspolagati najnovijim pomorskim meteorološkim prognostičkim izvještajima, meteorološkim produktima i pomagalicama značajnim za sigurnost plovidbe.

Članak 22.

Ministar mora, turizma, prometa i razvitka uz suglasnost ravnatelja DHMZ, u roku od 6 mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika, donijet će:

1. Naputak iz članka 2. ➡ ovoga Pravilnika;
2. Naputak o sadržaju i načinu vođenja popisa iz članka 20. ➡ ovoga Pravilnika.

Članak 23.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu osmog dana od dana objave u »Narodnim novinama«.

Klasa: 011-01/07-02/17

Urbroj: 530-04-07-2

Zagreb, 12. lipnja 2007.

Ministar

Božidar Kalmeta, v. r.

