

Elektronske karte

Posebnosti digitalne kartografije

Geografsko informacijski sustav (GIS) je sustav geografskog kodiranja orijentacijskih podataka. U tom su sustavu orijentacijski i svi drugi važni objekti određeni tocnim geografskim koordinatama (geografskom širinom i geografskom dužinom). Postojanje GIS-a omogućilo je izradu digitalne karte (Digital Chart – DC) čiji je proizvod i elektronička karta (Electronic Chart – EC), a za potrebe navigacije elektronička navigacijska karta (Electronic Nautical Chart – ENC).

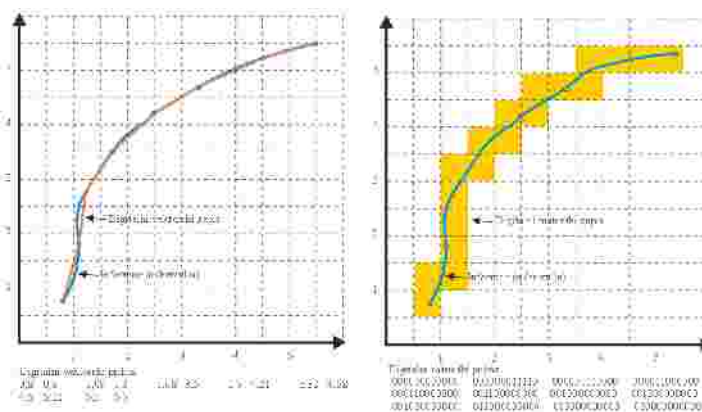
Upotreba elektronskih karata rapidno raste u navigacijskoj praksi, a razlozi su razumljivi i mnogobrojni: prije svega arhiviranje, aktiviranje i ispravljanje mnogo je jednostavnije, a uz to elektronske karte se mogu upotrebljavati u kombinaciji sa praktično svim instrumentima za navigaciju: GPS prijemnikom, radarom, žirokompasom, dubinomjerom itd. U nekom obliku već su prisutne na velikoj većini brodova, najčešće u sustavu integrirane navigacije ili kao ploteri koji omogućavaju točno pozicioniranje uporabom GPS prijemnika ili radara. Upotrebom elektronskih karata u svakom trenutku je poznata prava pozicija, mogu se iz memorije plotera vaditi podaci o poziciji u bilo koje vrijeme, može se planirati plovidba i unaprijed određivati točke promjene kursa (waypoints). One najkvalitetnije prikazuju i mnogo više detalja (Navionics, Furuno), a mjerilo karte jednostavno se mijenja zumiranjem.

Graficko oblikovanje elemenata karte postiže se tonovima sive boje ili ostalih boja, šrafiranjem, iscrtkavanjem, šiframa, simbolima.

Analogni podatak može u digitalnom obliku biti zapisan na dva načina:

- vektorski u obliku zadanih koordinata koje u koordinatnom sustavu određuju položaj informacije u matrici memorijskih ćelija računala;
- rasterski u obliku zapisa informacije na registarskoj adresi: matrica memorijskih ćelija podijeljena je na stupce (registre) koji su podijeljeni pikseli (*picture element*) čiji broj na displeju računala određuje rezoluciju.

Zapisi u vektorskom ili rasterskom obliku shematski su prikazani na slici 34.



Slika 34. Vektorski i rasterski digitalni zapis

U paketu za uporabu elektronskih karata temeljno je računalo kojem je najvažniji dio središnja jedinica (*Central Processing Unit – CPU*) s mikroprocesorom. Kapacitet CPU ovisan je o količini podataka koje može obraditi u sekundi. U računalima za uporabu u navigaciji važan je kvalitet slike na videozaslonu pokazivaca pa se koriste graficke kartice velikog kapaciteta i monitori visoke rezolucije koja zavisi o broju piksela koji cine

elektronsku sliku karte. Nijanse boja na zaslonu postižu se RGB (Red, Green, Blue) ili CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black) miješanjem.

S obzirom na vrst digitalnog prikaza koriste se dvije bitno različite vrste elektronskih karata: *rasterske elektronske karte (Electronic Raster Chart - ERC)* i *vektorske elektronske karte (Electronic Vector Chart - VRC)*.

Rasterska elektronska karta zapravo je elektronska reprodukcija klasične navigacijske karte. Na monitoru računala izgleda jednako kao i klasična navigacijska karta, a sadrži i iste podatke. Dobije se skeniranjem izradenih karata, a takav način izrade u znatnijoj mjeri pojeftinjuje izradu i time cijenu koštanja. Međutim ta okolnost ograničava preciznost i broj informacija koje su određene upravo brojem informacija koje se nalaze na navigacijskoj karti. Zumiranjem (povećavanjem) rasterske elektronske karte povećava se broj detalja, već se samo izrazitije vide one pojedinosti koje su inače na kartu ucrtane. Zbog bolje preglednosti u praksi se skeniraju navigacijske karte krupnijeg mjerila koje se onda međusobno povezuju. Nerijetko su na takvim kartama prikazani i planovi.

Najpoznatije svjetske firme za izradu rasterskih navigacijskih karata (Navionics, Furuno, Maptech, Chart Kit, Laser Plot, NDI-CHS, ARCS) skeniraju pomorske navigacijske karte koje su izradile američka agencija NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Agency) i britanski Admiralty.

Vektorske elektronske karte značajno se razlikuju od rasterskih: prikaz određenog područja vrši se izvršavanjem programa koji matematičkom (vektorskom) analizom grafički ispisuje konture obala i sve sadržaje na području koje karta prikazuje. Izgled vektorske elektronske karte bitno je drugačiji od izgleda rasterske elektronske karte: dok su obrisi obala kod rasterske elektronske karte jednaki neovisno o mjerilu, kod vektorske elektronske karte konture obala mijenjaju se promjenom mjerila. Budući da koriste svega stoti dio memorije u odnosu na rastersku kartu vektorske elektronske karte se lakše i brže mogu zumirati, sadrže mnogo veći broj podataka, a broj detalja povećava se povećavanjem mjerila.

Podaci se u vektorsku navigacijsku kartu upisuju na različitim razinama. Na primjer, razina obalnog reljefa izradena je neovisno o kopnenom reljefu ili batimetriji određenog područja, a sve se razine uklapaju jedna u drugu. Uglavnom je izdvojeno osam razina koje se izrađuju jedna neovisno o drugoj (slika 35.)

Podaci koje karte sadrže mogu se naknadno dograđivati, a ispravljanje je vrlo jednostavno: umetanjem medija vanjske memorije (kompaktna disketa, diskete ili USB) s ispravicama u odgovarajući port i aktiviranjem.



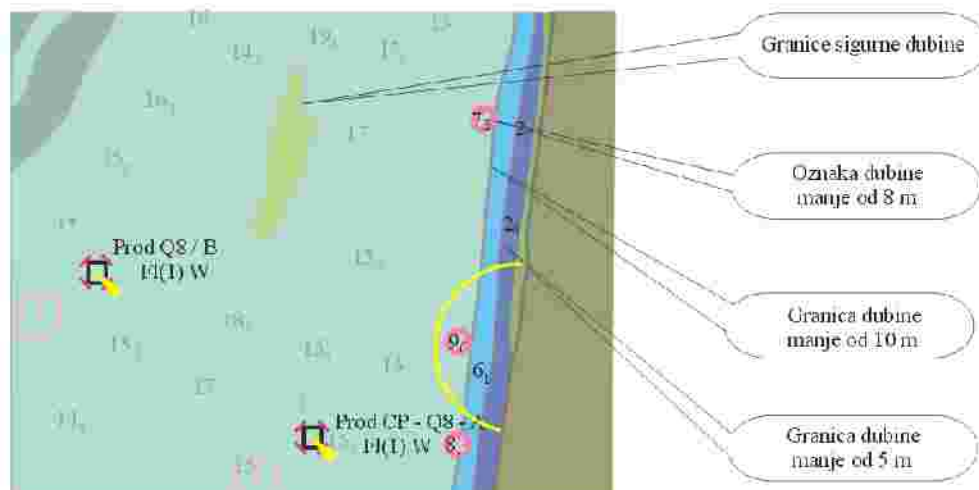
Slika 35. Razine vektorske elektronske navigacijske karte

Uglavnom sve elektronske karte koriste matematičke modele kojima se konstruira Merkatorova karta. Pritom se moraju uračunavati elementi Zemlje kao elipsoida, a koriste se različita mjerenja elipsoida. Najčešće upotrebljavane rasterske karte firme Navionics (skanirane navigacijske karte agencije NOAA) koriste US standard NAD 27 (North American Datum), dok vektorske elektronske karte istog proizvođača koriste međunarodni standard WGS 84 (World Geographic Standard) poglavito iz razloga što i GPS sustav koristi isti standard. Ukoliko GPS ploter koristi elektronsku kartu standarda NAD 27 razlika u poziciji može iznositi i do više stotina metara. Kod nekih rasterskih elektronskih karata evropskih proizvođača korišten je i standard WGS 72.

Kod ispisa na displeju koriste se dva modela: preklopni (Chart By Chart) ili dodirni (Seamless). Kod preklopnog svaka karta ima svoj broj i svoju datoteku, i na monitoru se prikazuje samostalno, a neko drugo područje prikazuje se otvaranjem druge datoteke. Određena područja prikazana su istovjetno kao i na klasičnoj navigacijskoj karti, a mjerila karata međusobno su potpuno neovisna. Dodirna tehnologija izrade elektronskih karata podrazumijeva međusobno spajanje globalnih područja, tako da ne postoji rub, vrh ili dno karte. Mjerilo se mijenja zumiranjem. Na primjer, elektronska karta dodirne tehnologije proizvođača Navionics koja pokriva cijeli svijet radena je 13 godina, a uzimani su podaci sa čak 15 000 navigacijskih karata. Kod rasterskih elektronskih karata koristi se dodirni model, a kod vektorskih češće preklopni nego dodirni.

Elektronske karte najvažnije su komponente integriranih navigacijskih sustava, prilagodene su upotrebi zajedno s različitim drugim navigacijskim sredstvima i sustavima: s GPS-om i DGPS-om, radarom, žirokompasom, dubinomjerom, brzinomjerom, Loranom C itd. Na primjer, Navionicsove elektronske karte prilagodene su radarskom dometu u rasponu od 1/8 M (s mjerilom 1:10000) do 64 M. Pritom je radarsku sliku i elektronsku kartu potrebno uskladiti samo jednom, a nakon toga slike se uskladjuju automatski izmjenom radarskog dometa.

Detalj elektronske vektorske karte može se vidjeti na slici 36.



Slika 36. Detalj vektorske elektronske navigacijske karte

Najveći svjetski hidrografski instituti i uredi, uključujući najvećeg proizvođača navigacijskih karata američki DMA (Defense Mapping Agency), najavili su da će elektroničke navigacijske karte koje će proizvoditi u narednom periodu biti vektorskog tipa.

Najviše su u upotrebi elektronske karte Navionics, Furuno, ARCS (rasterske elektronske karte), GMT (Generic Mapping Tools), Laser Plot itd.

Sustavi elektronskih karata

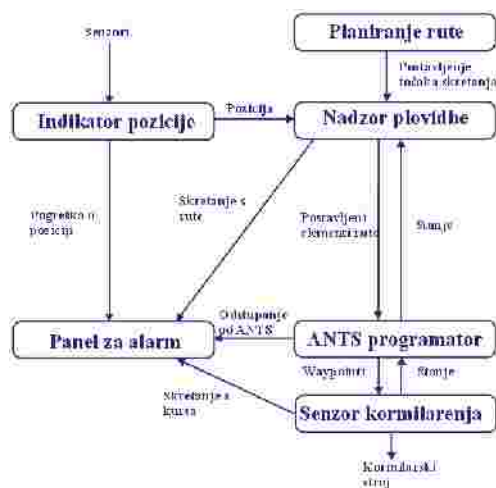
Automatizacija i digitalna tehnika, osim mogućnosti izrade elektronskih karata, omogućili su kombinirana korištenja elektronskih karata i ostalih navigacijskih uređaja i pomagala. Postoji više sustava uporabe navigacijskih karata a najviše se koriste ECDIS, RCDS i ECDIS/RCDS.

RCDS (*Raster Charts Display System*) je sustav koji je manje u funkciji od ECDIS-a. Temeljen je na rasterskoj karti i namijenjen srednjim većim brodovima. Podaci su temeljeni na sadržaju baze podataka i dostupni su samo vizualno, nije moguć selektivni odabir podataka, nije moguće isključiti suvišne informacije. mora mogu se samo procjenjivati na temelju podataka u blizini pozicije, jedina prednost je sličnost s papirnatim kartama i rad na način koji je korisnicima poznatiji.

ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*) preglednik elektronskih karata i informacijski sustav osnovni je standard korišten kod pomorskih elektronskih karata. Karte koje se baziraju na ovom standardu službeno su istovjetne analognim kartama. Glavne prednosti ECDIS elektronskih karata su:

- dostupnost informacijama o svim objektima u pisanoj, grafičkoj ili video formi,
- detaljno pregledavanje karata u svim rezolucijama i mjerilima,
- jednostavno i brzo osvježavanje podataka,
- pregledavanje raznih detalja u mjerilu prilagođenom potrebama navigatora,
- dostupnost podataka o obalnim objektima,
- prilagodnost potrebama navigatora, na primjer podešavanje osvjetljenja ekrana zbog štetnog djelovanja svjetla na zapovjedničkom mostu,
- mogućnost prikazivanja sa radarskim prikazom na zaslonu.

Posebna pogodnost ECDIS elektronskih karata je mogućnost planiranja plovidbe i nadzor tijekom plana plovidbe (*Automatic Track Keeping System – ATKS*) izravno na zaslonu monitora. Omogućeni su svi parametri detaljnog planiranja prema dijagramu toka na slici 37.



Slika 37. Dijagram toka planiranja plovidbe na elektronskoj karti

Sustav ECDIS temeljen je na elektronskoj karti i namijenjen je velikim brodovima. Glavnu bazu podataka predstavlja vektorska karta povezana u cjelinu a koja osim kartografskih podataka sadrži i mnoge druge podatke važne za sigurnost plovidbe. Na video zaslonu (displeju) može se prikazati svako područje dovođenjem kursora na to područje. Na zaslonu se kontinuirano prikazuje pozicija broda kao i svi ostali potrebni podaci prikupljeni s ostalih

navigacijskih uređaja (u integriranom elektroničkom navigacijskom sustavu podaci s dubinomjera, brzinomjera, radara, GPS-a, žirokompasa i td.). Prikaz se može zumirati, mogu se otklanjati suvišni podaci, po volji mijenjati boja i td.

Funkcionalnost ECDIS-a određena je standardom IMO-a o korištenju ECDIS-a (slika 38).



Slika 38. Komponente ECDIS-a

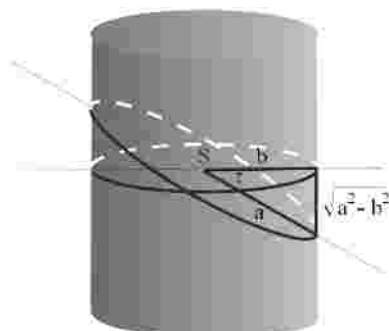
ECDIS/RCDS je sustav dvojne namjene koji koristi prednosti ECDIS-a i RCDS sustava. Omogućava istodobnu uporabu vektorske i rasterske karte, a zatim se odabirom vizualizira optimalni prikaz.

Tekuće izmjene i dopune sadržaja elektronskih karata obavljaju se prema uputama hidrografskih instituta koji izrađuju programe za ispravljanje. Najviše se koriste programi *UK Hydrographic Office-a* koje izrađuje poseban elektronički servis ESC (*Electronic Chart Service*).

Svjetski geodetski sustavi (WGS – *World Geodetic System*) i elektronske karte

Za izradu karata nužno je definirati vrst kartografske projekcije na kojoj će se karta temeljiti. Većina navigacijskih karata koristi Merkatorovu projekciju u kojoj su paralele usporedni pravci koji se šire prema polovima s funkcijom $1/\cos f$, a meridijani usporedni pravci koji se prema polovima šire također s funkcijom $1/\cos f$. Zemlja je elipsoid kojemu je ekvatorska poluos veća od polarne, a tijekom stoljeća nos velike i male poluosi više je puta mjerene. U dvadesetom stoljeću standardi su unificirani na svjetskoj razini.

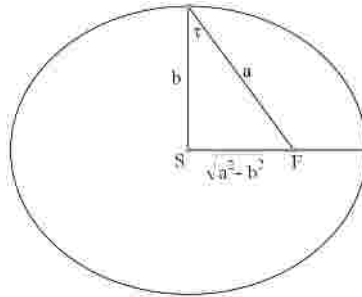
Zemlja se definirala kao elipsoid radovima Newtona (XVIII stoljeće) i preciznijim mjerenjima. Elipsoid je geometrijsko tijelo koje je nastalo rotiranjem elipse u prostoru oko male osi. Elipsa je Euklidova krivulja (cunjosjecica) kod koje je zbroj udaljenosti od fokusa konstantan. Karakteristike elipse i elipsoida definirane su matematičkim (f) ili numeričkim (e) ekscentricitetom e koji su određeni vrijednostima velike (a) i male (b) poluosi (slika 39).



Slika 39. Nastanak elipse

Ako se valjak (stožac ili cunj ciji je vrh u beskonacn presjece ravninom okomitom na os, dobit ce se kružnica s polumjerom b (na slici). Ako se valjak presjece ravninom pod određenim kutom u odnosu na ravninu kružnice (t na slici) dobit ce se pravilna matematicka krivulja s dvije karakteristicne vrijednosti: velikom oluosom (a) i malom poluosom (b). Razlika između te dvije vrijednosti funkcija je kuta nagiba.

Na slici 40 prikazani su elementi elipse.



Slika 40. Matematički ekscentricitet elipse

Fokus elipse dobije se ako se presjece velika poluos polumjerom čija dužina odgovara dužini velike poluosi iz središta koji predstavlja pol elipse. Usporedbom sa slikom 39 vidi se da kut t odgovara kutu nagnuća ravnine koja tvori elipsu kao cunjosjecicu.

Numerički (f) i matematički (e) ekscentricitet elipse (elipsoida) izračunava se iz slike 40. Numerički ekscentricitet:

$$f = \frac{a - b}{a}$$

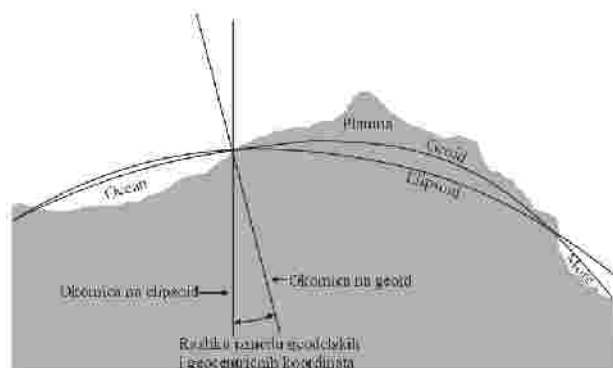
Matematički ekscentricitet:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sin \tau$$

Velicine poznatih elipsoida Zemlje:

Elipsoid	Godina	a (m)	b (m)	f	e
Delambre	1800	6 375 653	6 356 564	1: 334,00	0,0773248
Bessel	1841	6 377 397	6 356 079	1: 299,20	0,0816964
Clarke	1880	6 378 249	6 356 515	1: 293,46	0,0824829
Hayford	1910	6 378 388	6 356 912	1: 297,00	0,0819918
Krasovski	1938	6 378 245	6 356 863	1: 298,30	0,0818337
Geodetski	1967	6 378 160	6 356 775	1: 298,25	0,0818196
WGS – 72	1972	6 378 135	6 356 750	1: 298,26	0,0818198
GRS80	1980	6 378 137	6 356 752	1: 298,26	0,0818198
WGS – 84	1984	6 378 137	6 356 752	1: 298,26	0,0818198

Satelitskim mjerenjima ustanovljeno je da ni ekvator nije kružnica već da ima ispupčenja na $f = 15^\circ W$ i $? = 165^\circ E$ čime je Zemlja dobila oblik troosnog elipsoida. Ustanovljeno je također da postoji i razlika u ispupčenju sjevernog i južnog pola (od 30 m), pa je oblik Zemlje definiran kao aploid. Budući da ni to nije sasvim točno Zemlja ima oblik geoida. Taj oblik Zemlje odnosi se na osnovnu površinu (morsku razinu) koju je uvijek okomit smjer djelovanja sila teže. S obzirom na različite (aproksimirane) oblike Zemlje geometrijskog tijela postoje i različite koordinate: geodetske, zasnovane na Zemlji kao geoidu i geocentrične, zasnovane na Zemlji kao elipsoidu (slika 41). Kod izrade karata (papirnih ili elektronskih) javlja se razlika između tih koordinata.



Slika 41. Geodetske i geocentrične koordinate

Za izradu navigacijskih karata koriste se standardi (datumi) zasnovani na nekom od geodetskih sustava.

Pod pojmom geodetskog datuma podrazumijeva se skup parametara kojima se definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentacija koordinatnog sustava s obzirom na Zemlju. U pravilu uključuje i definiciju elipsoida kao matematičkog oblika Zemlje. Uz pomoć datuma se referentni koordinatni sustav definira u odnosu na stvarni svijet. U geodetskoj praksi susreću se lokalni i globalni datum.

Lokalni geodetski datum omogućava da se matematičkim modelom (referentnim elipsoidom) što je moguće bolje na mjerenom području aproksimira oblik Zemlje (geoid), a karakterističan je za dosadašnje klasično definirane geodetske referentne sustave, najčešće uz pomoć astronomije i geodezije (astrogeodetska metoda).

Globalni (svjetski) geodetski datum omogućava da se matematičkim modelom – globalnim elipsoidom što je bolje moguće globalno (cijeli svijet) aproksimira geoid. On je u pravilu geocentrični (ishodište koordinatnog sustava smješteno je u centar Zemlje).

Geodetski datumi koji su najviše zastupljeni u izradi pomorskih navigacijskih karata su:

Sjevernoamerički datum (*Nord American Datum 1927 – NAD 27*) temeljen na geodetskom sustavu i elipsoidu Clarka iz 1866. koristio se 50 godina, do zamjene navigacijskih karata WGS sustavom. Standard je određen triangulacijskim mjerenjima s referentnom točkom na Mead's rancu u Kansasu.

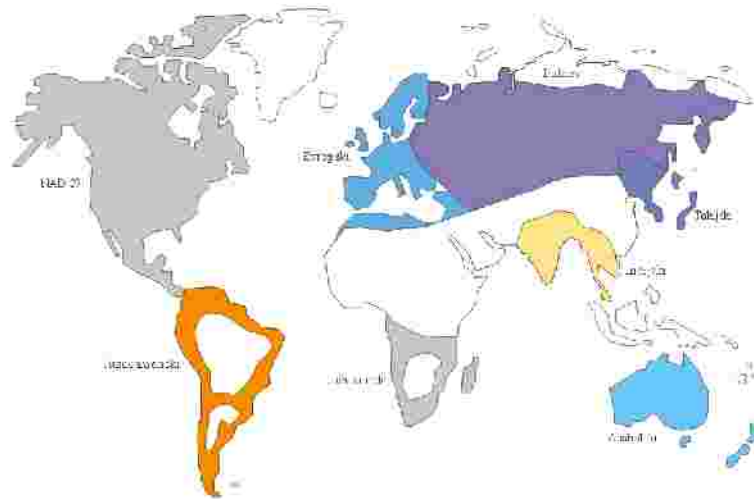
Izvorište triangulacijskih mjerenja europskog datuma (*European Datum*) je referentna točka u Potsdamu u Njemačkoj, a korišteni matematički modeli odnosili su se na sustav mjerenja koji je određen 1924. (*International Standard*). Evropski, Afrički i Azijski triangulacijski lanac međusobno su povezani, tako da su mjerenja u Africi (od Kaira do Capetowna) prilagođena europskom standardu. Taj je standard primjenjen i na mjerenja u Aziji, a 1932. prilagođen mu je i sustav Pulkov koji je koristio SSSR.

Britanski datum 1936. (*OSGB36 – Ordinance Survey of Great Britain 1936 Datum*) koristi najbolje rezultate svih mjerenja između 1783. i 1853. godine. Po ovom standardu radene u navigacijske karte britanskog Admiralteta. Pogodan je standard za područja koja imaju male razlike geografskih dužina (na primjer Čile ili područje Velike Britanije).

Tokijski datum koristio je podatke Besselovog elipsoida. Mjerenja su obuhvatila teritorij Japana, Koreje i Mandžurije. Od 31. ožujka 2002. sve karte koje su se temeljile na ovom standardu proglašene su nevažećima.

Indijski datum koriste Indija, ali i druge države Jugoistočne Azije. Prihvaćen je 1880. a zasnovan je na elipsoidu Everesta (*George Everest 1790.-1866.* poznat najviše po Mont Everestu koji je po njemu dobio ime), s referentnom točkom u Kalianpuru u središnjoj Indiji.

Osim opisanih navigacijske karte koriste i ostale standarde: južnoamericki, australski, centralnoazijski, južnoafrički. Gruba podjela svjetskih regija koje koriste neke od spomenutih standarda prikazana je na slici 42.



Slika 42. Područja primjene najvažnijih geodetskih datuma

Navigacijske karte koje izrađuje Hidrografski institut u Splitu bazirane su na elipsoidu Bessela (iz 1842.) i referentnom meridijanu Beca. Pogreške u odnosu na WGS 84 postaju veće na geografskim dužinama koje se udaljavaju od tog meridijana (meridijan Beca prolazi sredinom otoka Kaprije u blizini Šibenika). Za izradu vektorskih elektronskih navigacijskih karata (*NavPro*) korišten je standard WGS 84. Sjedinjene Američke Države razvijale su vlastite standarde od prihvaćenog NAD 27 (*North American Datum 1927*) do najnovijeg WGS 84 (*World Geodetic System 1984*). Razlika između ova dva standarda iznosi između 40 metara u Floridi do 150 metara u državi Maine. Ostale države navigacijske su karte izradivale na temelju istih ili drugacijih standarda, a neke su temeljene na WGS 72.

U novije vrijeme svi se standardi prilagodavaju sustavu WGS 84, a neki su već proglašeni nevažećima (Tokijski, NAD 27 itd.). Republika Hrvatska prihvatila je Evropski terestrički referentni sustav ETRS89 (*European Terrestrial Reference System 1989*) Odlukom o utvrđivanju službenih geodetskih datuma i ravninskih kartografskih projekcija Republike Hrvatske 2004. godine. Datum se temelji na podacima za elipsoid GRS80 (*Geodetic Reference System 1980.*) koji je identičan WGS84.

Kvalitetnu vektorsku navigacijsku kartu za područje Jadranskog mora i obale Hrvatske, Slovenije, Crne Gore, Albanije i istočne obale Italije izradila je zagrebacka firma *CV Sistemi*. Izradene su četiri verzije: *NavPro* namijenjena velikim brodovima i profesionalnim nautičarima, *NavAdria* prilagodena potrebama nautičkog turizma, *NavMini* namijenjena ribarskim brodovima i *NavTrack* namijenjena praćenju plovila.

NavPro je visokokvalitetna vektorska elektronska navigacijska karta jednostavne uporabe koja omogućava povezivanje na sve brodske navigacijske sustave (žirokompas, radar, GPS, brzinomjer, dubinomjer), s ugrađenim automatskim alarmiranjem, bogatim navigacijskim uputama i ostalim informacijama (peljar, turističke informacije, 3000 fotografija). Omogućeno je planiranje plovidbe (ucrtavanje kurseva, točki okretišta, racun vremena itd.), redovno ažuriranje karte i navigacijskih podataka i još velik broj mogućnosti. Mjerilo karte moguće je mijenjati zumiranjem od 1:5.000 do 1:4.000.000.

Rasterske elektronske karte Jadranskog mora mnogobrojne su, a najčešće se koriste verzije Navichart, Farevela, Fugawi itd.

Vektorska elektronska navigacijska karta *Navionics* razvijena je iz 15000 papirnatih karata, ispravljenih za pogreške koje proizlaze iz standarda karata. Kad je god to bilo moguće kao standard koristio se WGS 84 koji je kompatibilan sa sustavom GPS a ako je primjenjen drugi standard velicina pogreške oznacena je kao upozorenje. Prilagodena je radarskom prikazu s dometom od 1/8 M (pritom se koristi mjerilo karte 1:10 00) do 64 M.

Vektorska elektronska navigacijska karta *Furuno* dizajnirana je u više verzija za uporabu na svim vrstama brodova. Omogućeno je priključivanje osam vanjskih senzora istovremeno. S obzirom na mogućnost priključivanja prijemnika GPS razvijene su verzije *GP80* i *GP80D*. *GP80D* omogućava priključak prijemnika *DGPS*, što jamci pozicioniranje do najviše razine točnosti. Verzija *NMEA 0183* razvijena je s obzirom na mogućnosti priključka ostalih navigacijskih instrumenata.

AIS i VDR

Opcenito

Automatski identifikacijski sustav AIS (*Automatic Identification System*) omogućava razmjenu poruka između brodova u određenom morskom području, što je naročito važno u blizini obalnih šera, u kanalima, prilazima luka, shemama odvojene plovidbe itd. Podaci se među brodovima razmjenjuju automatski tako da časnik plovidbene straže u svakom trenutku raspolaže sa svim potrebnim podacima o brodovima u neposrednoj blizini. Sustav također omogućuje prikupljanje točnih podataka za statističke izveštaje o količinama prevezenih tereta i broju plovila u prometu određenim kanalima ili u lukama, razmjenama između pojedinih svjetskih luka i ostalim podacima o razmjenama roba i prometnim tokovima brodova i tereta. To je omogućeno prikupljanjem i pohranjivanjem podataka koje emitiraju AIS uređaji brodova u prometu.

Obvezu posjedovanja propisao je SOLAS u Poglavlju V, pravilo 19.2. Donošenju propisa o obveznosti posjedovanja prethodile su IMO Rezolucija MSC 74(69) (*Recommendation on performance standards for an universal shipborne automatic identification systems*), IMO Rezolucija A 917(22) (*Guidelines for the instalation of a shipborne automatic identification systems*), IMO Okružnica 227 te tehnicke upute IALA i I U. Prema SOLAS-u propisana je obveza posjedovanja za brodove novogradnje propis se počeo primjenjivati od 01. srpnja 2002. Za brodove izgrađene prije 01. srpnja 2002. SOLAS propisuje obvezu posjedovanja:

- putnički brodovi koji plove u međunarodnoj plovidbi, od 01. srpnja 2003.
- tankeri do prvog pregleda koji uslijedi nakon 01. srpnja 2003.
- svi ostali brodovi kapaciteta iznad 50.000 GT od 01. srpnja 2004.
- svi ostali brodovi kapaciteta od 10.000 do 50.000 GT od 01. srpnja 2005.
- svi ostali brodovi kapaciteta od 3.000 do 10.000 GT od 01. srpnja 2007.
- svi brodovi koji ne plove u međunarodnoj plovidbi od 01. srpnja 2008.

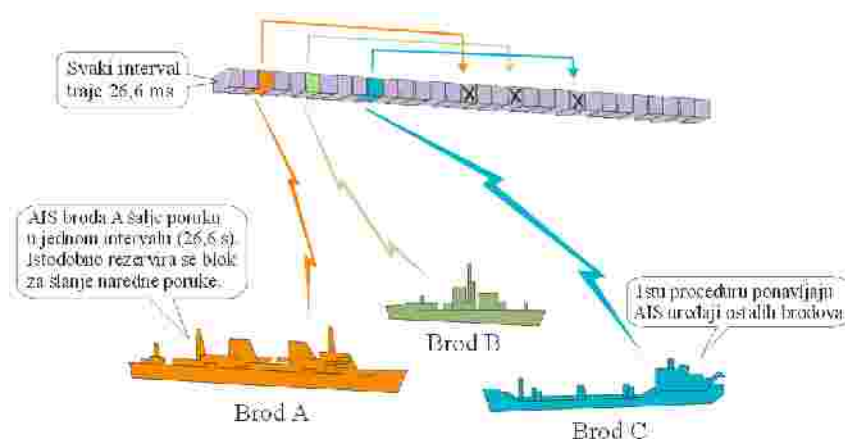
Državni organi ovlaštene su osloboditi određeni brod obveze posjedovanja AIS-a ako će on biti povučen iz plovidbe unutar dvije godine od datuma kad bi se na njega odnosila obveza posjedovanja.

Nekonvencijskim (NONSOLAS) brodovima obvezu posjedovanja propisuju nacionalna zakonodavstva. To su plovila kapaciteta ispod 300 GT u međunarodnoj plovidbi, ribarski brodovi, brodovi s manje od 300 GT kapaciteta u nacionalnoj plovidbi, jahte i brodice za sport i razonodu. Za ova plovila razvijaju se posebne verzije AIS uređaja sa smanjenim mogućnostima sustava koje su prilagođene tim plovilima.

Registrator podataka o putovanju VDR (*Voyage Data Recorder*) je uređaj koji bilježi i arhivira sve podatke o plovidbi relevantne za rekonstrukciju događaja u slučaju nezgode. Obvezu posjedovanja propisao je IMO Rezolucijom A.861() i IEC 61996 te SOLAS u Poglavlju V. Po odredbama SOLAS-a putnički brodovi novogradnje u međunarodnoj plovidbi i ostali brodovi novogradnje kapaciteta iznad 3.000 GT u međunarodnoj plovidbi moraju posjedovati VDR uređaj od 01. srpnja 2002. Obveza posjedovanja za ostale brodove istovjetna je obvezi posjedovanja AIS-a.

Nacelo rada AIS-a

AIS uređaj je primopredajnik koji radi na VHF frekventnom području, može obraditi preko 4500 izvještaja o navigacijskoj situaciji u minuti, a sve informacije osvježavaju se i dopunjavaju novim podacima svake dvije sekunde. To se obavlja automatski, korištenjem SOTDMA (Self Organizing Time Division Multiple Access) tehnologije (slika 43).



Slika 43. Vremenska organizacija emitiranja i prijema AIS podataka

Svaki AIS uređaj sastoji se od VHF predajnika, dva VHF prijemnika, jednog VHF DSC prijemnika i standardnog elektronskog sklopa koji povezuje te komponente sustava s displejem ili drugim registratorom potrebnih podataka. Podaci o poziciji skeniraju se gotovo uvijek s GPS prijemnika, iako su predviđene mogućnosti prijema drugih navigacijskih sustava iz porodice GNSS (GLONAS, Galileo). Ostali potrebni podaci skeniraju se s ostalih (autonomnih) brodskih elektronskih navigacijskih sustava ili se upisuju (luka polaska, luka dolaska, ETA itd).

AIS primopredajnik radi autonomno i stalno, neovisno o vremenskim uvjetima i području plovidbe (sustav je u funkciji tijekom plovidbe uz obalu ili na otvorenom moru). Iako je dovoljna uporaba samo jednog prijemnika zbog izbjegavanja problema s interferencijom koriste se dva.

IMO standardi postavili su uvjet od najmanje 2000 do 4500 vremenskih intervala u minuti. Uređaji uspostavljaju međusobnu vezu na udaljenostima do 20 M, a domet je ovisan o visini antene. Zbog nižih frekvencija propagacija je nešto veća nego kod radara. Moguć je prijem i od uređaja koji se nalaze iza zapreka (na primjer otoka) ako prepreke nisu previsoke. Kad signale prenose obalne stanice kao repetitori dometi su mnogo veći. Ako se dogodi da broj vremenskih intervala ne omogućuje prihvatanje svih poruka (broja brodova) isključuju se oni najudaljeniji. U praksi, kapaciteti uređaja su toliki da je ta mogućnost isključena.

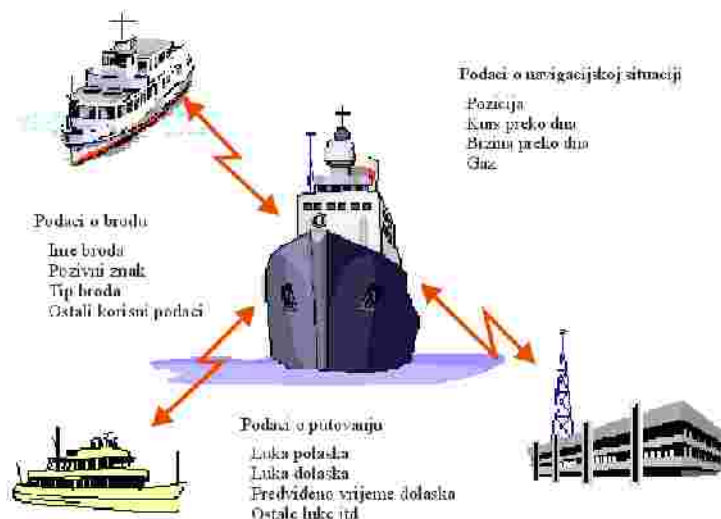
Nakon uspostavljanja veze s ostalim AIS uređajima svaka stanica određuje vlastiti interval emitiranja koji se automatski uskladuje s intervalima emitiranja ostalih stanica. Na raspolaganju je 2250 vremenskih intervala u trajanju od 26,6 milisekundi svaki (ukupno 37,6 intervala u sekundi ili 2250 u minuti).

Sustav je kompatibilan DSC modelu komunikacije i GMDSS sustavu tako da je jedan od komponenti svjetskog pomorskog sustava upozoravanja i sigurnosti.

Informacije koje AIS omogućuje

Podaci koje AIS osigurava mogu se podijeliti u četiri skupine:

1. Staticki podaci o brodu: IMO broj, ime, pozivni znak, i širina, tip plovila, položaj antene GNSS sustava.
2. Dinamički podaci o brodu: pozicija broda, indikator preciznosti pozicije, pravi kurs, brzina, stanje (u plovidbi, na sidru, nesposoban za manevar), gaz itd.
3. Podaci o putovanju: polazna luka, dolazna luka, predviđeno vrijeme dolaska, usputne luke, vrst i količina tereta itd (slika 44).
4. Četvrta vrst podataka (ako okolnosti diktiraju) su podaci važni za sigurnost plovidbe.



Slika 44. Informacije koje omogućuje AIS

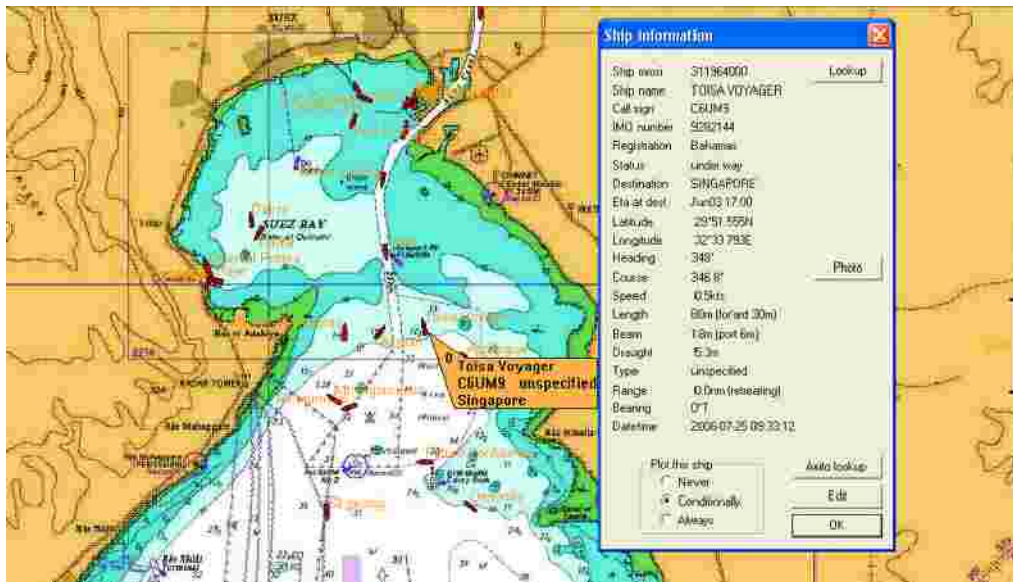
U preporukama (ITU Recommendation) opisane su dvije klase AIS uređaja s obzirom na količinu podataka i vrst emisije: klasa A i klasa B.

Podaci se emitiraju izlaznom snagom od 12,5 wata. Svak dvije do deset sekundi kad je brod u plovidbi i svake treće minute ako je brod na sidru AIS klasa A emitira slijedeći blok podataka (slika 44):

- MMSI broj (Maritime Mobile Service Identity – Identifikacijski broj brodske radiostanice)
- navigacijski status (plovidba, sidrište, nesposoban za manevar itd)
- vrijeme kruga okretanja (udesno ili ulijevo, od 0° do 720° u minuti)
- brzina preko dna (u desetinama cvora, od 0 do 102 cvora)
- točnost pozicije, DGPS ili drugi sustav i napomena ako se koriste autonomni uređaji za određivanje pozicije (Receiver Autonomous Integrity Monitoring - RAIM)
- geografska širina i geografska dužina s preciznošću desetine kabela
- kurs preko dna (s obzirom na pravi meridijan) s preciznošću do desetine stupnja
- kurs kroz vodu od 0° do 360° citan na žirokompasu
- oznaka vremena – srednje griničko vrijeme s preciznošću sekunde

Uz te podatke AIS klase A svakih šest minuta šalje slijedeći blok podataka:

- MMSI broj
- IMO broj
- pozivni znak broda
- ime broda (do 20 alfanumeričkih znakova)
- tip broda i vrst tereta
- dimenzije broda s preciznostima do 1 metra
- dio broda na kojem je smješten senzor za određivanje pozicije
- tip uređaja kojim se određuje pozicija (DGPS, GPS ili drugi uređaj)
- gaz broda od vrijednosti 0,1 m do 25,5 metara
- luka odredišta (do 20 alfanumeričkih znakova)
- pretpostavljeno vrijeme dolaska u luku odredišta (ETA – Estimated Time of Arrival) – mjesec, dan, sat i minut srednjeg griničkog vremena.



Slika 45. AIS, klasa A, prikaz podataka na elektronskoj karti

AIS uređaj klase B razvijen je do 2005. godine a od AIS uređaja klase A razlikuje se u sljedećem (slika 46):

- intervali vremena emitiranja duži su nego kod klase A, (na pr. podaci se emitiraju svakih 30 sekundi ako je brzina manja od 14 cv)
- ne emitira se IMO broj i međunarodni pozivni znak broda
- ne emitiraju se ETA i odredišna luka
- ne emitira se navigacijski status
- tekst s podacima važnim za sigurnost plovidbe samo mogu primati a ne i emitirati
- ne emitira podatke o gasu broda.



Slika 46. AIS, klasa B, prikaz podataka na displeju

U operacijama traganja i spašavanja zrakoplovi emitiraju AIS poruke svakih 10 sekundi. Obalne stanice šalju podatke o lokacijama navigacijskih pomagala a te podatke emitiraju svakih 3 minute. Ovi podaci mogu biti zamijenjeni s kadrastikama racona.

AIS bazne stanice šalju tekstualne poruke, sinhroniziraju vremenske intervale emitiranja, šalju meteorološke ili hidrografske obavijesti, navigacijske oglase ili pozicije brodova i emitiraju svakih deset sekundi.

Medunarodne organizacije koje propisuju i nadziru AIS sustave

IMO (International Maritime Organization) ima sjedište u Londonu, specijalizirana je ustanova OUN nadležna za donošenje mjera za unapređenje sigurnosti plovidbe i sprečavanja onečišćenja mora. Donosi mjere s obveznošću primjene.

IALA (International Association of Lighthouse Authorities) je neprofitna međunarodna tehnička organizacija ustanovljena 1957. specijalizirana za označavanje pomorskih plovni putova. U AIS sustavu zastupljena je kao savjetodavna služba i u tom smislu izdala je Smjernice o korištenju AIS-a.

ITU (International Telecommunications Union) međunarodna organizacija za telekomunikacije, specijalizirana ustanova OUN sa sjedištem u Genevi (Švicarska). U okviru organizacije vlade i privatni sektor koordiniraju rad telekomunikacijskih mreža. U sustavu AIS-a propisuju standarde i tehnička svojstva komponenti sustava.

IEC (International Electrotechnical Commission) je globalna organizacija koja koordinira rad međunarodnih elektroničkih sustava, publicira standarde, priprema i izdaje publikacije.

Nacelo rada VDR-a

Posjedovanje Registratora podataka o putovanju (Voyage Data Recorder – VDR) propisuju IMO Rezolucije A.861(20) i Pravila IEC 61996 i SOLAS Poglavlje V.

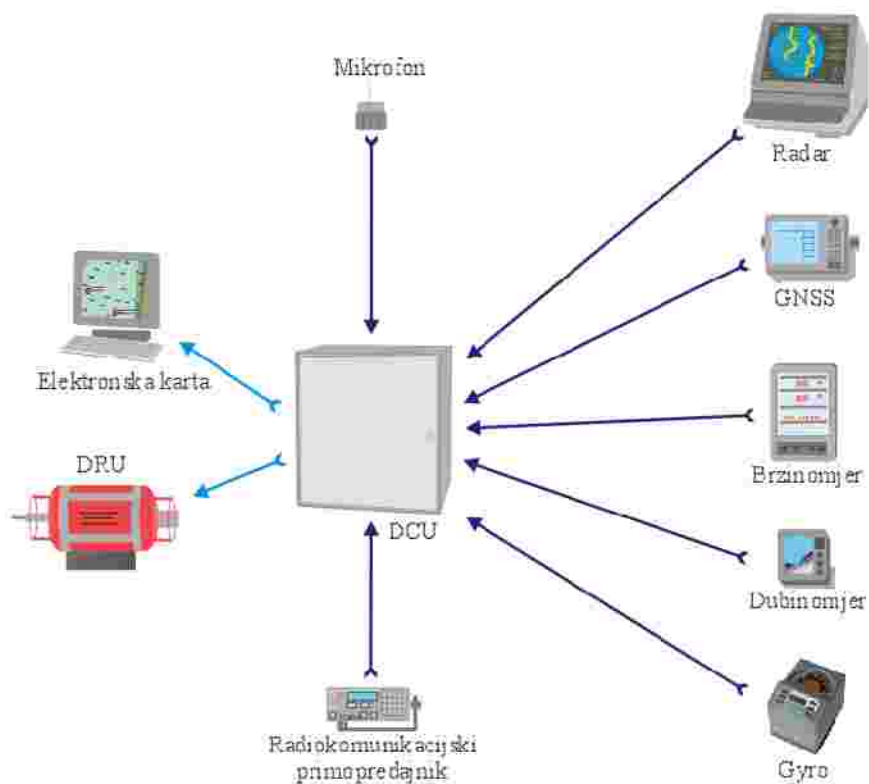
Funkcija VDR ista je kao i funkcija sličnog uređaja koji koriste avioni (tzv. *crna kutija*): omogućuje uvid u procedure i postupke neposredno prije havarije, što pomaže u otkrivanju uzroka pomorske nezgode.

Prema odredbama SOLAS-a VBR uređajem obvezni su se opremiti svi putnički brodovi novogradnje i svi teretni brodovi novogradnje zapremine iznad 3.000 GT ako im je kobilica položena poslije 01. srpnja 2002. godine. Ro/Ro brodovi čija je kobilica položena prije tog datuma morali su ugraditi VBR uređaj do prvog pregleda nakon 1. srpnja 2002. godine. Putnički brodovi čija je kobilica položena prije 01. srpnja 2002. taj uređaj morali su ugraditi do 01. siječnja 2004. a ostali SOLAS brodovi do 01. srpnja 2007.

Opcenito, VDR je sastavljen od dva dijela: jedinice za prikupljanje podataka (Data Collecting Unit – DCU) i jedinice za zapis podataka (Data Recording Unit – DRU).

DCU je sklop od tri elektroničke komponente: modula s povratnim vezama, snažnog računala i monitora. Prikuplja podatke sa senzora brodskih sustava koje propisuje IMO i IEC (International Electrotechnical Commission), obrađuje ih i zaokružuje na propisanu točnost i prosljeđuje u DRU. Podaci se čuvaju najmanje 12 sati. U slučaju gubitka električnog toka rezervno napajanje omogućava rad VDR-a za dva sata. Izvedba DCU sklopa mora omogućiti lagani pristup komponentama u svrhu naknadnih dogradnji i prikupljanja podataka za dugotrajnije arhiviranje, a da se ne ugroze podaci koji su ranije prikupljeni.

DRU je sklop namijenjen pohranjivanju prikupljenih podataka u memoriju koja se automatski dopunjuje trajnim pohranjivanjem novih podataka pri čemu se memorija osigurava automatskim brisanjem starijih podataka (flash memory). Pohranjuju se svi podaci važni za kasniju rekonstrukciju nezgode: razgovor na zapovjedničkom mostu, VHF komunikacije, radarski podaci, brzina, dubina itd. Zabilježeni podaci mogu se reproducirati u svrhu istrage o pomorskoj nezgodi ili u svrhu edukacije. Komponente DRU pohranjene su u čvrsto zaštićenu kapsulu koja je dizajnirana tako da u neoštećenom stanju izdrži napore izvanrednih situacija kao što su požar, eksplozija ili potonuce, zajedno s elementima memorije. Podvodni ultrazvučni oscilator pomaže u lokaciji kapsule u slučaju potonuca broda, a mještaj na brodu mora omogućiti zadržavanje sklopa na površini mora (hidrostatska kuka). Djelovi VDR uređaja mogu se vidjeti na slici 47.



Slika 47. Komponente VDR - a

Zbog ekstremnih uvjeta koje VDR mora izdržati u neoštećenom stanju i tehnicka zaštita kapsule je ekstremna. Na primjer, neke od tehnickih karakteristika uređaja Furuno VR-5000 su: kapsula u kojoj je smješten DRU u slučaju požara izdržava temperaturu od 1100 °C u trajanju od 1 sat, a 260 °C u trajanju od 10 sati, gravitacijsko ubrzanje od 50 G u trajanju od 11 ms, prodor (penetraciju) cilindra promjera 100 mm opterećenog masom od 250 kg ako se baci s visine od 3 metra, tlak pritiska mora na dubini od 6.000 metara.



Slika 48. Registrator podataka o putovanju

Podvodni oscilator emitira impulse u trajanjima od 10 na frekvenciji 37,5 kHz i uključuje se automatski boravkom u moru. Memorijski kapacitet DRU je 6 GB.

Podaci koji se registriraju

Podaci koji se pohranjuju u jedinicu za zapis podataka (DRU) prikupljaju se iz jedinice za prikupljanje podataka (DCU). To su slijedeći podaci:

- datum i vrijeme
- pozicija, brzina i kurs
- komunikacije na mostu
- VHF radiokomunikacije
- radarski prikaz situacije
- podaci s dubinomjera
- signali uzbunjivanja
- naredbe za kormilarenje i odgovori
- naredbe u stroj i odgovori
- status vodonepropusnih vrata i drugih otvora na trupu i pregradama
- podaci o stresu broskog trupa (SWBM i SWSF)
- smjer i brzina vjetra.

Na tržištu se nalaze mnogobrojne varijante različitih izvodaca, ali se najčešće koriste uređaji Furuno, Simrad, Sperry.