

UTJECAJ ERGONOMSKIH ČIMBENIKA NA UPRAVLJANJE BRODOM

Influence of Ergonomic Factors on Ship Managing

UDK 331.101:656.61

Pregledni članak

Review

Sažetak

U radu se govori o važnosti pravilno osmišljenih i svrsishodno primijenjenih tehnoloških rješenja na razini kontrolnih i automatiziranih sustava. Ergonomske pretpostavke, s aspekta upotrebljivosti tehnoloških i tehničkih rješenja, sve su prisutniji čimbenik sigurne plovidbe i učinkovitog upravljanja brodom na operativnoj i upravljačkoj razini. Odnos čovjeka i stroja u primjeni aktualne tehnologije sve više pokazuje prevagu stroja i automatiziranih procesa u domeni upravljanja i kontrole. Upravo različitost mogućnosti čovjeka i stroja u percepciji određenih procesa i različiti logički okviri djelovanja uzrokom su nesporazuma u relaciji čovjek – stroj (proces).

Summary

This paper deals with the importance of properly designed and applied technological solutions of control and automation systems. Ergonomic requirements for usability of technological and technical solutions are becoming ever more present factors of safe navigation and efficient ship managing at the operational and management levels. From the aspect of application of actual technology man – machine relation shows superiority of machines and automated processes in control and management domains. It is the difference between human possibilities and those of machines in the perception of certain processes as well as different logical frames of action which cause misunderstandings in man – machine relation.

1. Uvod

Introduction

Dominantni udio ljudske pogreške u pomorskim nezgodama u osnovi nije rezultat samo pogreške operatera. Mnoge od pogrešaka koje su nastale i dovele do nezgoda proizašle su iz loših tehnoloških rješenja i neprikladnog radnog okoliša. Svrsishodnost brodskih tehničkih sustava očituje se prije svega u optimalnoj upotrebljivosti tehnoloških i tehničkih rješenja u specijalističkoj djelatnosti posade koja upravlja brodom tijekom plovidbenog pothvata. Upravo ta učinkovitost brodske posade u današnjim uvjetima nabujalih tehnoloških promjena jest najslabija karika u lancu iskorištavanja broda, kako s komercijalnog, tako i sa sigurnosnog stajališta. U tom smislu loše dizajnirana oprema navodi se kao uzročni čimbenik u 1/3 glavnih pomorskih nezgoda. Osim loših tehnoloških rješenja, studije provedene na 100 pomorskih nezgoda koje su se dogodile između 1982. i 1985. god., pokazuju i nedostatno znanje u primjeni opreme i uređaja, što je uzrokom 35% promatranih nezgoda (Wagenaar, 1987:594).

2. Kontrolni sustavi u funkciji ergonomskih čimbenika

Control systems as ergonomic factors

S ergonomskoga gledišta poboljšanje sigurnosti i učinkovitosti u upravljanju brodom, te bolja upotrebljivost s gledišta rukovanja opremom, nisu primarni ciljevi, već upravo sustavno sjedinjavanje četiriju osnovnih elemenata koji u korelaciji čine odnos čovjeka i broda (Schuffel, 1981:7).

*dr. sc. Toni Bielić, Pomorski fakultet u Splitu, Zrinsko-frankopanska 38, 21000 Split

Ti elementi su:

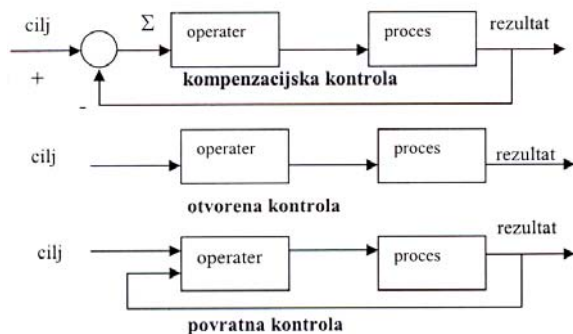
- program (procesi, pravila, odredbe),
- nositelji programa (procesna dinamika, kontrolni sustavi, pokazivači),
- radno okruženje (radna klima, vibracije, buka),
- ljudske radne funkcije (motivacija, stres, vještine).

Na osnovi ovih četiriju ergonomskih elemenata trebali bi biti oblikovani i unaprijed poznati sljedeći elementi eksploatacije broda u odnosu na ljudske radne mogućnosti:

- kontrolni sustavi,
- odnos čovjeka i stroja.

Kontrolni sustavi, a posebno ručne kontrole, temelje se na četiri osnovna elementa: upotrebljivosti prilagođenoj čovjeku, pretvorbi informacija, pohrani informacija i upravljanju. Svi ovi elementi mogu biti poboljšani mehaničkim i/ili elektroničkim sredstvima.

Uobičajeno govorimo o tri razine kontrole - kompenzacijskoj, otvorenoj i povratnoj (sl. 1.). Kod kompenzacijske razine razlika između stvarnog i željenog stanja kontrolirane veličine je ograničena. Kontrolni učinak na toj razini ne sadržava informaciju iz koje bi operater mogao usporediti stvarno i željeno stanje. Otvorena kontrola orijentirana je prema prepoznavanju željenih kontrolnih akcija i njihovu programiranju. Kontrola povratne veze omogućuje da temeljem unesenih podataka operater može predvidjeti izlazni podatak.



Slika 1. Kontrolni sustavi

Control systems

Izvor: H. Schuffel, *Some Aspects of the Future Role of Ergonomics in Ship Control*, 1981., str. 9.

Mogućnost da se uoči ili unaprijed pretpostavi informacija o cilju razlikuje se od mogućnosti kontroliranja dinamike procesa. Drugim riječima, to znači da je na kompenzacijskoj razini kontrole jedina korisna informacija dostupna kao stvarni rezultat procesa, odstupanje koje može biti minimalizirano u odnosu na cilj. Pri otvorenoj kontroli informacija se upotrebljava za pokretanje preprogramirane kontrolne razine, nakon čega se slijed procesa odvija bez obzira na rezultat i zahtijevani cilj.

Povratna kontrola može se promatrati na razini kombinacije prethodnih dviju. Uzevši u obzir ulaznu informaciju u odnosu na željeni rezultat, operater može predvidjeti kad će rezultat postati vidljiv, i može izvesti zaključke o odvijanju samog procesa na temelju izvedenih parametara, kao što su brzina ili prethodno zabilježene informacije o kretanju. Procesne vrijednosti dobivene na izlazu u funkciji su procesnih vrijednosti ulaza. Sposobnost predviđanja izlaznih veličina procesa jest u funkciji čovjekova znanja te je ujedno i aktivni način kontrole stvarnih parametara procesa.

3. Automatizirani tehnički sustavi kao ergonomske čimbenici

Automated technical systems as ergonomic factors

Automatizirani tehnički sustavi na brodu omogućuju različitu razinu pomoći u operativnom smislu. Pojam automatiziranih brodskih tehničkih sustava obuhvaća nadzor pogonskog postrojenja i upravljanje sa zapovjedničkog mosta. Sam po sebi, pojam automatizacije viši je oblik mehanizacije radnih postupaka, pri čemu se čovjekova uloga svodi na puštanje u pokret, kontroliranje i regulaciju.

Primjerice, zamjena kormilara na mostu uključivanjem autopilota u određenim uvjetima, omogućuje da se smanji čovjekovo radno opterećenje ili da se distribuira njegov rad na neko drugo područje. Časnik straže koji pri tome ostaje na mostu, postaje aktivni kontrolni čimbenik rada automatskoga brodskog kormilarskog podsustava. U tom smislu razlikujemo srednje i visoko, tj. potpuno automatizirane brodске tehničke podsustave.

U srednjim čovjek je još uvijek u središtu zbivanja, i ima punu kontrolu. U visoko ili potpuno automatiziranim tehničkim podsustavima automatizacija pokreće i kontrolira određene procese, pa čovjek više nije u središtu zbivanja, i nema punu kontrolu. Pod punom kontrolom smatra se mogućnost aktivnog sudjelovanja tijekom izvršenja nekog procesa. U potpuno automatiziranim sustavima ta je kontrola indirektna jer promjena režima rada sustava ili njegov prekid upućuju operatera na kompjutor kao posredno sredstvo u komunikaciji između čovjeka i automatskih procesa, tj. tehničkog podsustava.

Osim toga, pri visokom stupnju automatizacije čovjek preuzima pasivnu ulogu kontrolora realizacije procesa, dakle promatrača. Na takvoj razini automatizacije čovjek komunicira sa sustavom u procesu uključivanja, programiranja i preko alarmnih upozorenja što mu ih sustav upućuje tijekom odvijanja procesa.

Razvoj automatizacije omogućio je rad brodske strojarnice bez neposrednog nadzora. Time je časnik stroja dobio funkciju kontrolora koji indirektno nadzire rad strojnog kompleksa s pomoću indikatora stanja i alarmnih sustava. Tu funkciju obavlja iz odvojenog prostora (*control room*) u neposrednoj blizini strojarnice, gdje su smješteni sustavi kontrole, dojavljivanja i upravljanja strojem.

Usporedno s razvojem automatizacije strojnog kompleksa odvijao se i razvoj automatizacije zapovjedničkog mosta, na kojem je, primjerice, zadržan kormilar radi sigurnosnih razloga, tradicije i nepouzdanosti instrumenata. Uzevši u obzir razvoj automatizacije na mostu i u stroju, može se usporediti

razina na kojoj je automatizacija preuzela neke ljudske funkcije aktivne kontrole i rada (upotrebljivost, pretvorba, pohrana, upravljanje). Usporedba će biti prikazana na osnovi tri kontrolne razine: kompenzacijske, otvorene i povratne.

STROJARNICA

<u>Elementi kontrole</u> <u>razina kontrole</u>	Upotrebljivost prilagođena čovjeku	Pretvorba informacija	Pohrana informacija	Upravljanje
Kompenzacijska	A	R	A	A
Otvorena	A	A R	A	A R
Povratna	A	A	A	A

MOST

Kompenzacijska	R	R	R	R
Otvorena	A R	A R	R	R
Povratna	A R	A R	A R	R

A – automatika R - ručno

Slika 2. Razina automatizacije u stroju i na mostu

Fig. 2. Level of automation in the engine room and on the control bridge

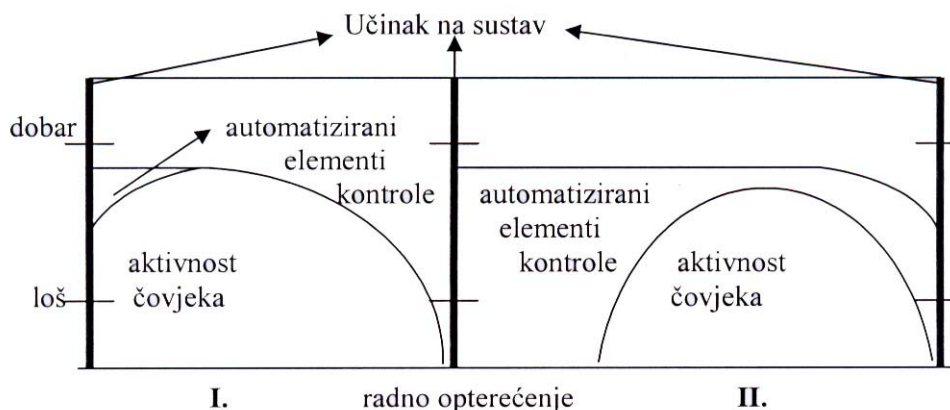
Izvor: H. Schuffel, *Some Aspects of the Future Role of Ergonomics in Ship Control*, 1981., str.10.

Iz slike 2. vidi se da časnici stroja uglavnom imaju kontrolnu funkciju, a časnici palube uz kontrolnu funkciju imaju, isto tako, i izvršnu. Pri tome najviše do izražaja dolazi različitost unutar kontrolnih elemenata, kao što su upotrebljivost, pohrana podataka i upravljanje. Pohrana podataka i upravljanje razmatraju se kao automatizirani elementi kontrole s gledišta strojarnice, ali ne i s gledišta mosta, na kojem postoji alternativa ručnog upravljanja i povratne kontrole. Naime, u čovjekovoj domeni je da ipak može, bolje nego bilo koji sustav, odrediti, identificirati i razvrstati bitne podatke, što je u stohastičkim uvjetima obavljanja straže na mostu naglašeniji element nego u strojarnici.

Drugim riječima, nije upitno koji se procesi tehnološki mogu automatizirati, nego je upitan smisao automatizacije onih procesa što negiraju čovjeka u domeni u kojoj je objektivno bolji, a to je selektivno i prioritarno odlučivanje u promjenjivim okolnostima. Prema tome, treba izvršiti jasnu distinkciju automatizacije

onih procesa koji po svojoj prirodi mogu biti pomoć i podrška čovjeku od onih koji svojim djelovanjem pasiviziraju i umanjuju njegovu koncentraciju te efikasnost prioritarnog odlučivanja i selektivnog djelovanja.

Dosadašnja iskustva s automatiziranim brodskim kontrolnim sustavima upozoravaju na pojavu objektivnih teškoća koje pridonose zamoru (*fatigue*) tijekom dugotrajnog ponavljanja rutinskih kontrolnih radnja. Do toga dolazi upravo zbog prevelikog opsega automatizacije kontrolnih elemenata na kompenzacijskoj razini, na mostu i u stroju, koja pasivizira a ponekad i zbunjuje operatera opsežnim i nejasnim uputama – integrirani navigacijski sustavi, ARPA-radar, elektronička karta, GMDSS-oprema, tj. automatski procesi kontrole rada stroja u strojarnici.



Slika 3. Učinak aktivnosti čovjeka i automatiziranih elemenata kontrole na sustav

Fig. 3. The effect of the activity of man and automated elements of control on a system

Izvor: H. Schuffel, *Some Aspects of the Future Role of Ergonomics in Ship Control*, 1981., str.12.

Slikom 3. prikazana je kvalitativna usporedba automatiziranih sustava (II.) i sustava upravljanih uglavnom ručno (I.). Iako u sustavu II. ima prostora za čovjekova veća radna opterećenja, njegova učinkovitost nije veća od sustava I. upravo zbog zamora i dekoncentracije što se očituje kad je čovjek u ulozi pasivnog kontrolora procesa.

Tehnološkim mogućnostima automatizacije procesa koristi se kao načinom da se smanje potrebe za ljudskim radom. Time se postižu uštede smanjenjem posade. S druge strane, tehnologija je omogućila bržu eksploataciju broda smanjujući vrijeme potrebno za ukrcaj i iskrcaj tereta. Istodobno, rastu brodske prijevozne kapacitete i prosječna brzina plovidbe. Prema tome, uz smanjenje broja članova posade težište rada pomiče se u domenu pasivne kontrole, a povećava se radno opterećenje zbog brže eksploatacije broda i smanjene posade. Dinamična eksploatacija broda koristi se prostorom za veća čovjekova radna opterećenja - sustav II. Rezultat toga je zamor u području primijenjene automatike i umor u području radnog opterećenja potrebnoga za upravljanje brodom u plovidbi. Alternativa prebacivanja automatike na ručno upravljanje, rijetka u praksi, također dovodi do čovjekova pasiviziranja, i to upravo u trenucima kad treba žurno i prioritarno djelovati. Slijedom toga rađa se i fenomen *podilaženja tehnologiji* ili utjecaj tehnologije na pomicanje aktivnih znanja i vještina u područje pasivnih i, na kraju, nedostupnih u trenucima hitnosti. Tu tezu potvrđuje i H. Schuffel sljedećim zaključkom: "Dugotrajno obavljanje pasivnih kontrolnih poslova reducira potrebu za tradicionalnim znanjima i vještinama rezultirajući mogućim gubitkom takvih znanja i vještina." (Schuffel, 1981:11). Sociološka ispitivanja provedena u Nizozemskoj (STANSS, 1980, 1981) upozoravaju na činjenicu da ljudi postaju pomorcima poradi očekivanja da će se baviti zanimljivim, izazovnim i promjenjivim poslom. Takve pozitivne stavove trebali bi podržati i tehnološki sustavi na brodu temeljem ergonomskih

rješenja koja bi osigurala zadovoljstvo tijekom obavljanja dužnosti upravljanja brodom u plovidbi.

4. Aktualni problemi u odnosu čovjeka i stroja na suvremenom brodu

Actual problems in man – machine relation on modern ship

Odnos čovjeka i stroja ima povijesni kontinuitet prenošenja radnih opterećenja s čovjeka na stroj. Odnos stroja i čovjeka ilustrira B. Döring u tezi: "Čovjek ima sposobnost predviđanja ili spoznajne mogućnosti koje mu omogućuje da vidi što želi ili očekuje vidjeti, dok stroj ne može imati te mogućnosti." ili "Čovjek može prepoznati i upotrijebiti potrebnu informaciju iz mnoštva informacija ili primjera u realnom svijetu s ciljem pojednostavljenja složenih situacija, dok stroj ima ograničenu perceptivnu konstantu." (Döring, 1976:12)

Disharmonija ili neusklađenost čovjeka i aktualnih instrumenata elektroničkih navigacijskih uređaja temelji se na neprikladnom upotrebnom dizajnu. Mnogi proizvođači elektroničke opreme za brod ne polaze od korisnikovih praktičnih potreba i, pri tome, na brod se često ugrađuje oprema koja navodi korisnika – časnika straže - na pogrešku. U tom smislu razlikujemo dvije vrste pogrešaka: one zbog previda i one nastale zbog zabune (*Evaluating Shipboard Automation*, 1996:6). Pogreške previda proizlaze iz trenutnoga gubitka pozornosti ili pamćenja za vrijeme odvijanja neke aktivnosti, i mogu utjecati na njen konačni ishod: primjerice, previd radnog područja ARPA-radara zamjenom pravih vektora za relativne u okolnostima procjene mogućeg sudara. Konačna odluka s obzirom na pogrešku previda, a time i pogrešnu informaciju, može rezultirati sudarom (jedan od uzroka sudara između putničkog broda "Norwegian Dream" i kontejnerskog

broda "Ever Decent" 25. kolovoza 1999.). Razlog nastanku pogreške previda u takvim slučajevima često proizlazi iz nenaglašenih znakovnih upozorenja u radnom području radara. Prema tome, nenaglašeno radno područje radara u ovakvim okolnostima može se smatrati utjecajnim čimbenikom za nastanak pogreške previda ili, u širem smislu, povodom za pogrešku.

Pogreška previda nastaje i uporabom elektroničke karte ECDIS (*Electronic Chart Display Information System*). Veličina ekrana ECDIS-karte na kojem se prikazuje pomorska karta znatno je manja od veličine tradicionalne papirnate pomorske karte. Radi uvida u karte različita mjerila na ECDIS-karti operater upotrebljava komande "zoom-out/in", tj. povećanja i smanjenja mjerila. Takvi zahtjevi prolaska kroz različita mjerila jedne te iste karte, da bi se dobio detaljan uvid u određeno područje, dovode kod ECDIS-a do učinka "ključanice", zbog sličnosti s pokušajem da se određeno područje papirnate pomorske karte promatra kroz usku ključanicu (*Evaluating Shipboard Automation*, 1996:6-7). Pri tome veliki dio informacija šireg područja karte mora biti memoriran da bi se imala predodžba o odnosu traženog detaljnog područja i ostalog dijela karte. Upravo napor memoriranja može u konačnom dovesti do previda i pogrešne odluke.

Za razliku od previda, zabuna je pogreška temeljena na pogrešnoj koncepciji o tome kako pojedini instrumenti rade. U tom smislu pojavljuje se naglašena potreba za posebnim znanjima o rukovanju pojedinim uređajima. Primjerice, učinkovita uporaba ARPA-radara podrazumijeva da pomorac mora razumjeti teoriju rada takva uređaja uključujući i funkciju vanjskih senzora priključenih na radar, ali i njihov učinak na njegov rad. Nadalje, treba poznavati ograničenja radara kao i mogućnosti uređaja u različitim vremenskim uvjetima rada. Međutim, različitost izvedbi ARPA-radara i logike koja često ovisi o proizvođaču, ali i opsežne, često nejasne upute dovode do toga da prethodna posebna znanja prelaze u opća zbog toga što su teško primjenjiva na novi tip istog uređaja uobičajeno različite radne logike, a s kojim se pomorac prvi put susreće. S obzirom na kratkoću vremena koju pomorac po dolasku na brod ima za upoznavanje s instrumentima, često će u susretu s nepoznatim tipom uređaja nastojati primijeniti prijašnje iskustvo u sprezi s brzim uvidom u priručnik o instrumentu. Rezultat je površno poznavanje uređaja i improvizacija s gledišta primjene, dakle velika mogućnost za pogrešnu koncepciju o radnim mogućnostima instrumenta, što u konačnom dovodi do zabune. Način rada automatike predstavlja skup uputa koje unosi čovjek ili drugi sustav. Nekoordinirani unos podataka pojedinaca bez jasnog mentalnog modela rada sustava, također može biti jedan od uzroka pogreške u radu automatike.

Sustav indikacije rada, tj. alarmnih upozorenja automatike, nije jednoznačan i razlikuje se između pojedinih proizvođača. Različite kulture u kojima su proizvedeni pojedini sustavi imaju različitu pisanu i signalnu simboliku indikacije stanja i alarmiranja, pa se u tome pojedini sustavi međusobno razlikuju. Stečena iskustva tumačenja alarma na pojedinim sustavima primijenjena na nove sustave, često vode u improvizaciju zbog navedenih različitosti. U takvim okolnostima

iskustvo često nije pomoć jer se polazi od onoga što se zna i vidi, pa je moguće nepravilno tumačiti specifičnu informaciju koju sustav daje o svom radu i mogućem utjecaju na druge sustave.

Osim navedenih posebnih uzroka nepravilnosti u radu automatiziranih sustava, postoje i opći aspekti opasnosti tijekom učenja i upoznavanja s karakteristikama pojedinih brodskih automatiziranih sustava. Takvi aspekti karakteristični su prilikom primopredaje dužnosti pri promjeni posade ili pri susretu s nepoznatim sustavima automatike.

To su:

- učenje na osnovi tuđeg iskustva i informacija koji su pogrešni,
- upotreba lista provjere i uputa bez dostatnog razumijevanja,
- pogreške u uputama za rukovanje.

Ed Verbeck u okviru istraživanja uzroka pomorskih nezgoda Danskog pomorskog instituta (DMI), izjavljuje: "Čak i jednostavni VHF-uređaj često ne ispunjava očekivanja operatera u pogledu njegove upotrebe, a da se i ne spominju ARPA ili drugi znatno kompliciraniji uređaji. Takav nedostatak razumijevanja praktičnih potreba i ograničenja s gledišta upotrebe, potencijalni su uzroci pogibeljnog nerazumijevanja u odnosu čovjek – stroj."

Zaključak

Conclusion

U odnosu na ergonomsko gledište, jedino elementi kontrole na povratnoj razini opravdavaju primjenu automatike, i to za one procese koji su pomoć i podrška operateru. U tom smislu Anita M. Rothblum predlaže (Rothblum, 2000:8): "Ljudska pogreška može biti značajno smanjena prikladnom izvedbom uređaja (opreme), radnog okruženja i prikladnom organizacijom unutar koje će oprema i radni okoliš biti projektirani s osnovnom pretpostavkom da podrže operatera i prilagode se njegovim mogućnostima i ograničenjima – human-centered design."


Istodobno, zapaženo pasiviziranje čovjeka na brodu zahtijeva njegovo permanentno usavršavanje, i to na istovrsnim simulacijskim uređajima na kopnu na kojima će uvježbavati sve predvidive okolnosti što ga mogu snaći. Imperativ stvaranja zajedničkih upotrebnih standarda za pojedine segmente opreme i uređaje, nameće se sam po sebi. Osim uvježbanosti na simulacijskoj tehnici časnici bi trebali permanentno usavršavati postojeća znanja o uređajima kojima rukuju.

Predložene mjere trebale bi s ergonomske gledišta omogućiti bolju i sigurniju upotrebljivost instrumenata i kontrolu automatiziranih procesa. Osim toga, postigla bi se i veća spremnost za reagiranje na okolnosti za koje časnik straže ne može steći iskustvo u svakodnevnim dužnostima i poslovima na brodu.

Literatura**References**

1. H. Schuffel, Some Aspects of the Future Role of Ergonomics in Ship Control, *Second Conference on Human Factors in the Design and Operation of Ships*, Amsterdam, 1981.
2. B. Döring, Analytical Methods in Man – Machine System Development – in: *Introduction to Human Engineering*, Kraiss / Moraal – Verlag Tüv Rheinland GmbH, Köln, 1976.
3. Evaluation of Shipboard Automation: Application to Mariner Training, Certification and Equipment Design, *National Transportation Safety Board Forum on Integrated Bridge Systems*, May 6-7, Washington, D.C. 1996.
4. A. Rothblum, Human Error and marine Safety, *Maritime Human Factors Conference*, Linthicum, MD, March 13-14, 2000.
5. T. F. Sanquist, M. B. Mandler, A. M. Rothblum, *Human Factors Plan for Maritime Safety*, United States Coast Guard, 1993.
6. W.A. Wagenaar, J. Groeneweg, *Accident at Sea: Multiple Causes and Impossible Consequences, Man – Machine Studies*, Leiden University, Netherlands, 1987.

Rukopis primljen: 22.4.2004.



ATLANTSKA PLOVIDBA d.d.
Dubrovnik, Hrvatska - Croatia

**PREVOZI ROBU U SLOBODNOJ
PLOVIDBI PO SVIM MORIMA SVIJETA.**

**OBAVLJA PRIJEVOZ TEŠKIH I
IZVANGABARITNIH TERETA
SPECIJALIZIRANIM BRODOVIMA.**

**PREVOZI ROBU U MALOJ
OBALNOJ PLOVIDBI.**

**OD SV. MIHAJLA 1
POŠT. PRET. 192**

**TEL: (020) 352 - 333
FAX: (020) 356 - 148
TLX: 27584 ATLANT RH
27684 ATLANT RH**