Razvoj virtualnih brodogradilišta

Ivanković, Jakov

Master's thesis / Diplomski rad

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:051726

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor

Prof.dr.sc.Kalman Žiha

Jakov Ivanković

Zagreb, 2008

SAŽETAK

Brodogradilišta širom svijeta poduzimaju značajne razvojne korake sa ciljem povećanja produktivnosti. Velika je ekspanzija mjesta gradnje, veće montažne hale, veće nosivosti dizalica, potpuna primjena informacijsko-komunikacijskih (IC) tehnologija oslonjenih na mrežne računalne pogodnosti, unaprijeđen je protok materijala, modernizirane linije predmontaže, robotizirano zavarivanje na panel liniji, vrlo rana ugradnja što je više moguće opreme. Jedan od razloga zašto brodogradilišta ulažu u ove promjene je taj što se ekonomska stanja u brodogradnji vrlo brzo mijenjaju i uvjet opstanka na tržištu, tj. mogućnosti ugovaranja novih brodova uz eventualni rast profita je sposobnost prilagođavanja suvremenim tehnologijama. U prvom dijelu rada opisane su strukture vodećih svjetskih brodogradilišta trgovačkih brodova s posebnim naglascima na dalekoistočne "tvornice brodova" i suvremena europska montažna brodogradilišta.

U drugom dijelu rada opisana je računalna izrada i proizvodnja u brodogradnji. U službi porasta produktivnosti, kvalitete i sigurnosti, koji su tri glavna elementa u proizvodnji, važno je proučavati proceduru proizvodnje koristeći prednosti računalnih simulacija. Brod je jedno veliko postrojenje sa složenom strukturom sastavljenom od mnogo dijelova dobavljenih iz cijelog svijeta koji se sastoje od raznih vrsta materijala, u čijem stvaranju sudjeluje ogroman broj ljudi različitih zvanja i zanimanja. Tijekom gradnje broda dijelovi su skupljeni na jedno mjesto, u brodogradilište, te je neophodno potrebno da metoda proizvodnje i vremenski termini budu dobro isplanirani uzimajući u obzir sve podatke vezane za te dijelove kao i ljudske resurse i tehnološke mogućnosti samog brodogradilišta. Planiranje tekućeg proizvodnog procesa ovisit će od sakupljenom iskustvu u gradnji broda koje će zadovoljiti zahtjeve za maksimalnu efikasnost i kvalitetu između mogućih kombinacija u procesu. Obraćeni su pojmovi "virtual reality", "virtualni brod" i "virtualno brodogradilište". Kao primjeri računalne proizvodnje u virtualnim brodogradilištima opisani su primjeri "IBM PLM[1] 5 Version Solutions for Shipbuilding", sustav simulacije virtualne gradnje broda VASSS i simulacija brodograđevne radionice pomoću programa Taylor.

[1] PLM, (eng. Product Lifecycle Managment), upravljanje proizvodom tijekom cijelog njegovog životnog vijeka

Sadržaj

Sažetak.....I
Sadržaj..... II
Popis slika..... III
Popis tablica V
Izjava.....VI
Zahvala.....VII
1. PREGLED VODEĆIH VELIKIH BRODOGRADILIŠTA TRGOVAČKIH BRODOVA U SVIJETU.....1
1.1 Fizičko - geografske karakteristike značajnih brodogradilišta 10
1.2 Stanje ponuda brodograđevnih kapaciteta i potražnje brodova na globalnom tržištu ... 23
1.3 Financijski pokazatelji poslovanja brodogradilišta 39
1.4 Značaj strukture radne snage za uspješnost brodogradilišta 44
1.5 Tehnološke karakteristike brodograđevne proizvodnje 50
1.6 Komunikacijske i informacijske tehnologije brodograđevne proizvodnje 54
2.1 Razvoj digitalne brodogradnje u pojedinim brodograđevnim sredinama i zemljama... 62
2.2 Računalni prikaz objekta - "Virtualni brod" 65
2.3 Računalni prikaz brodograđevnog procesa - "Virtualno brodogradilište" 68
2.4 Koraci računalne brodograđevne proizvodnje prema IBM PLM Solutions [14] 70
2.4.2 Uvođenje detalja i potvrda valjanosti procesa 79
2.4.3 Podaci za proizvodnju i radne upute..... 83
2.5 Sustav simulacije virtualne gradnje broda VASSS [27] 86
2.6 Simulacija brodograđevne radionice pomoću programa Taylor [28] 94
Zaključak.....93
Literatura.....95

Popis slika

Slika 1 Geografski položaj najvećih južnokorejskih brodogradilišta [3] 11
Slika 2 Panorama brodogradilišta Hyundai HI Ulsan [3] 12
Slika 3 Satelitska snimka brodogradilišta Hyundai HI 13
Slika 4 Megadok u brodogradilištu Hyundai HI Ulsan [5] 16
Slika 5 Plovna dizalica brodogradilišta Samsung podiže megablok 17
Slika 6 Transport pramčanog dijela broda na baržu Pomoću hidrauličkog transportera 18
Slika 7 Tlocrt brodogradilišta Odense Steel Shipyard u Danskoj 19
Slika 8 Montaža blokova trupa u natkrivenoj hali brodogradilišta Meyer Werft u Papenburg 20
Slika 9 Panorama brodogradilišta Brodosplit 21
Slika 10 Nove narudžbe u 2007. godini (CGT) 23
Slika 11 Isporuke trgovačkih brodova u 2007. godini (CGT) 24
Slika 12 Knjige narudžbi trgovačkih brodova u 2007. godini (CGT) 24
Slika 13 Brodogradilište Aker Finnyard Turku 26
Slika 14 Daewoo S&ME Geoje Shipyard, vodeći svjetski proizvođač tankera [3] 27
Slika 15 Brod za prijevoz rasutih tereta u japanskom brodogradilištu Tsuneishi 28
Slika 16 Gradnja brodova za prijevoz kontejnera u brodogradilištu Hyundai HI Ulsan 29
Slika 17 Brod za prijevoz općeg tereta 30
Slika 18 Brod za kružna putovanja u Francuskom brodogradilištu L'atlantique St. Nazaire .. 31
Slika 19 Broj godišnje isporučenih i naručenih brodova za kružna putovanja 32
Slika 20 Godišnje isporučeni i naručeni brodovi za kružna putovanja u GT 32
Slika 21 Južnokorejsko brodogradilište Hyundai Mipo, treći svjetski proizvođač brodova za prijevoz automobila [3] 34
Slika 22 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Hyundai HI Ulsan 36
Slika 23 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Daewoo S&ME Geoje ... 37
Slika 24 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Samsung HI Geoje 38
Slika 25 Prodaje 6 vodećih južnokorejskih brodogradilišta u 2006. i 2007. godini [3] 40
Slika 26 Zarade 6 vodećih južnokorejskih brodogradilišta u 2006. i 2007. godini [3] 41
Slika 27 Raspodjela troškova u suvremenom južnokorejskom brodogradilištu 43
Slika 28 Struktura radne snage u Južnokorejskim brodogradilištima [9] 45
Slika 29 Kretanje cijena radnog sata u pojedinim zemljama 48
Slika 30 Panel linija u brodograđevnoj radionici brodogradilišta "Fincantieri Monfalcone" ... 51
Slika 31 Opremanje sekcije pramca broda za kružna putovanja u brodogradilištu "Fincantieri Monfalcone" 51
Slika 32 Upotreba CAD-a u brodogradnjama zemalja EU u % 55

Slika 33 Upotreba CAM-a u brodogradnjama zemalja EU u %..... 56
Slika 34 Upotreba CIM-a u brodogradnjama zemalja EU u % 57
Slika 35 Računalna simulacija zavarivanja ukrepa 61
Slika 36 Prvi VR model broda 65
Slika 37 Donošenje odluka Pomoću virtualnih modela 67
Slika 38 Shema korištenja simulacijskih modela u montažnom brodogradilištu Meyer Werft 69
Slika 39 Shema planiranja procesa.....72
Slika 40 Prikaz procesnog grafa.....73
Slika 41 Prikaz dijela proizvodnog koncepta.....75
Slika 42 3D prikaz nakon definiranja rasporeda resursa u brodogradilištu 76
Slika 43 Prikaz simulacije.....77
Slika 44 Prikaz simulacije brodograđevne radionice.....78
Slika 45 Prikaz dijela proizvoda sa definiranim detaljima.....79
Slika 46 Prikaz simulacije rada čovjeka 80
Slika 47 Prikaz simulacije rada robota za zavarivanje elemenata strukture.....81
Slika 48 Koncept sustava računalne proizvodnje sa proizvodnim središtem 83
Slika 49 Koncept brodograđevnog procesa temeljenog na simulaciji 85
Slika 50 Koncept brodograđevnog procesa temeljenog na simulaciji 87
Slika 51 Prikaz odabira geometrije.....88
Slika 52 Prikaz definiranja značajki okoline, opisa radnog mjesta i pojedinih dijelova.....89
Slika 53 Prikaz odabira standardnih podataka opreme.....90
Slika 54 Pokretanje simulacije.....91
Slika 55 Kreiranje putanja dizalica kod dizanja blokova premještanja u suhi dok i spuštanja na montažu.....92
Slika 56 Prikaz procesa redoslijeda optimiziranja montaže blokova trupa.....93

Popis tablica

Tablica 1 Površine pojedinih brodogradilišta.....13
Tablica 3 Broj i kapaciteti građevnih mjesta 5 najvećih svjetskih brodogradilišta [3].....14
Tablica 4 Dimenzije i kapaciteti megadokova [4].....15
Tablica 5 Broj građevnih mjesta i portalnih dizalica nekih velikih Europskih brodogradilišta 15
Tablica 6 Proizvodnje i udjeli na tržištu vodećih svjetskih brodograđevnih korporacija.....25
Tablica 7 Proizvodnje vodećih Europskih brodogradilišta [10].....26
Tablica 8 Vodeća brodogradilišta u gradnji brodova za prijevoz automobila [7] 33
Tablica 9 Povećanje flote brodova za prijevoz automobila od 1990 do 2007 godine po broju brodova i kapacitetu automobila. Veličine brodova u skupinama od 1-1999 CEU do 4000-4999 CEU [7] 34
Tablica 10 Povećanje flote brodova za prijevoz automobila od 1990 do danas po broju brodova i kapacitetu automobila. Veličine brodova 5-5999 CEU i 6000+ CEU [7] 35
Tablica 11 Proizvodni program brodogradilišta Hyundai HI Ulsan [4].....35
Tablica 12 Proizvodni program brodogradilišta Daewoo S&ME Geoje [4] 36
Tablica 13 Proizvodni program brodogradilišta Samsung HI Geoje [4] 37
Tablica 14 Ukupna procijenjena vrijednost imovine tri najveća svjetska brodogradilišta u 2006. godini [4] 41
Tablica 15 Vrijednosti dionica vodećih svjetskih brodogradilišta [4] 41
Tablica 16 Cijene pojedinih tipova brodova [8].....42
Tablica 17 Ukupan broj zaposlenih u najvećim svjetskim brodogradilištima i broj zaposlenika kooperantskih pouzeća [2] 44
Tablica 18 Broj zaposlenih u pojedinim Europskim brodogradilištima 46
Tablica 19 Prosječna mjesečna primanja radnika u brodogradnji u pojedinim zemljama [10] 47

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio samostalno, koristeći se literaturom i znanjem stečenim tijekom studija na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu.

Zahvaljujem mentoru, prof.dr.sc Kalmanu Žihi na stručnoj pomoći pri izradi ovog rada. Posebna zahvala doc. dr sc. Borisu Ljubenkovu na velikoj i nesebičnoj stručnoj pomoći.

Zagreb, 26. lipnja 2008.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj obitelji, rodbini, kolegama, cimerima i djevojci na podršci, razumijevanju i strpljenju iskazanom svih ovih godina tijekom studiranja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

1. PREGLED VODEĆIH VELIKIH BRODOGRADILIŠTA TRGOVAČKIH BRODOVA U SVIJETU

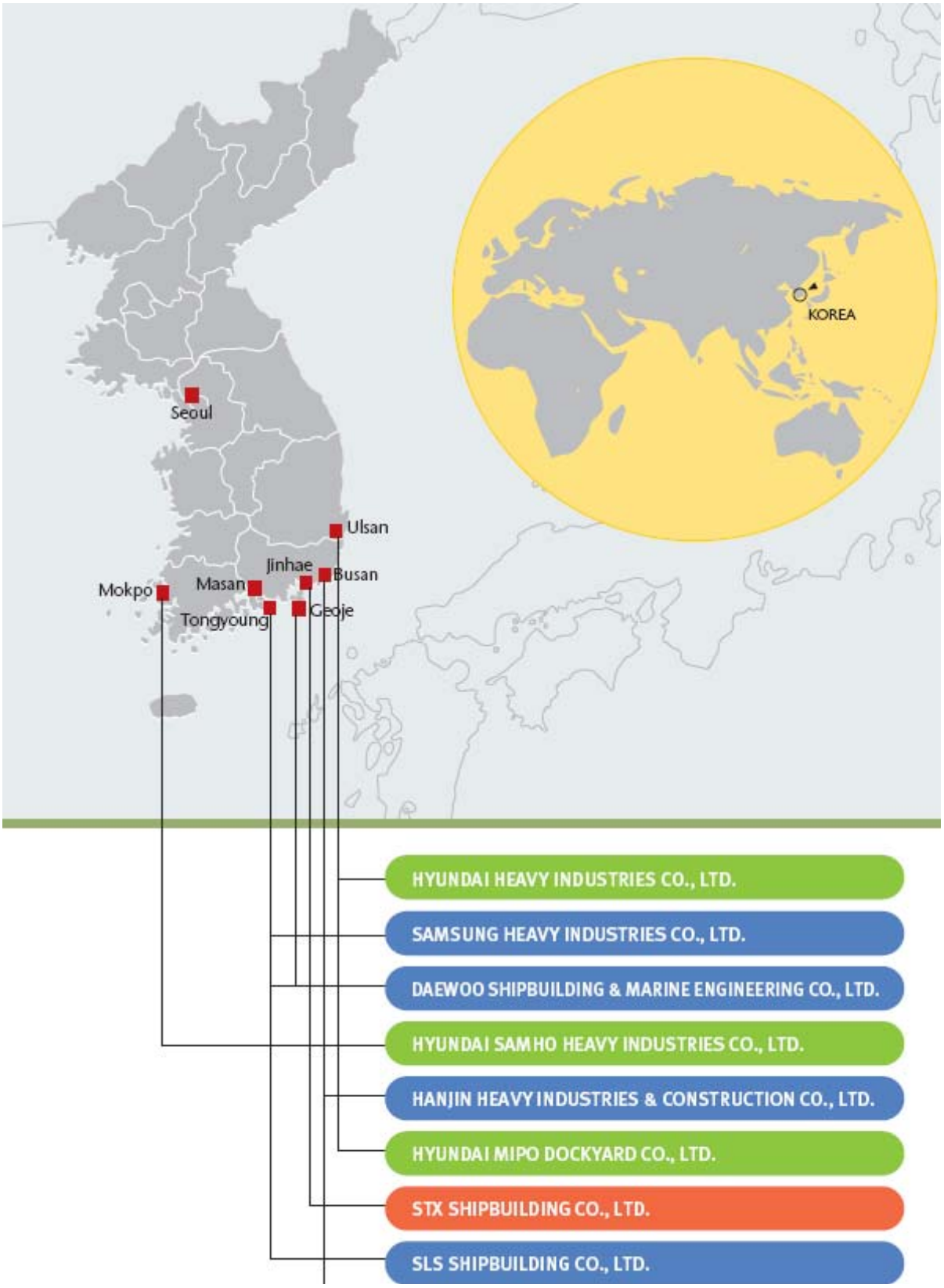
Uvod

Današnja brodogradilišta postaju sve veći i kompleksniji sustavi, i sama dijelovi nekih još većih sustava a redovito se sastoje od brojnih podsustava. Na porast potražnje za trgovačkim brodovima na svjetskom tržištu velike brodograđevne korporacije odgovaraju povećanjem svojih proizvodnih kapaciteta. Grade se novi pogoni, brodograđevne radionice i građevna mjesta, novi sustavi transporta, veći kapaciteti dizalica. Linije predobrade i obrade materijala su odavno automatizirane i robotizirane. Uvode se nove tehnologije, računalni proces planiranja i upravljanja brodograđevnim procesom oslonjene na IC mogućnosti što iziskuje sve veća ulaganja u obrazovanje.

U ovom će se poglavlju razmotriti fizičko - geografske karakteristike velikih brodogradilišta sa naglaskom na zemljopisni položaj, površine teritorija, karakteristike građevnih mjesta i objekata i uz njih postavljenih dizalica i specifičnosti pojedinih svjetskih brodogradilišta. Zatim stanje na globalnom brodograđevnom tržištu, ponudu pojedinih brodogradilišta za pojedine tipove brodova, financijske pokazatelje i strukturu radne snage u brodogradilištima te osvrt na tehnološke karakteristike brodograđevne proizvodnje.

1.1 Fizičko - geografske karakteristike značajnih brodogradilišta

Vodeća svjetska brodogradilišta danas se protežu na ogromnim površinama. Za njih se više ne može ustvrditi da li su na rtu ili u zaljevu jer zauzimaju po nekoliko rtova i nekoliko zaljeva. Položaj velikih brodogradilišta, naročito južnokorejskih i japanskih, smješten je u jakim industrijskim regijama izvan velikih gradova ili na njihovim periferijama. Devet najvećih južnokorejskih brodogradilišta nalazi se u istoj južnoj regiji kako je prikazano na slici 1, sa snažnom čeličnom industrijom koja opskrbljuje brodogradilišta. Brodogradnja i uz nju popratne industrije su od strateškog značaja u većini zemalja.



Slika 1 Geografski položaj najvećih južnokorejskih brodogradilišta [3]

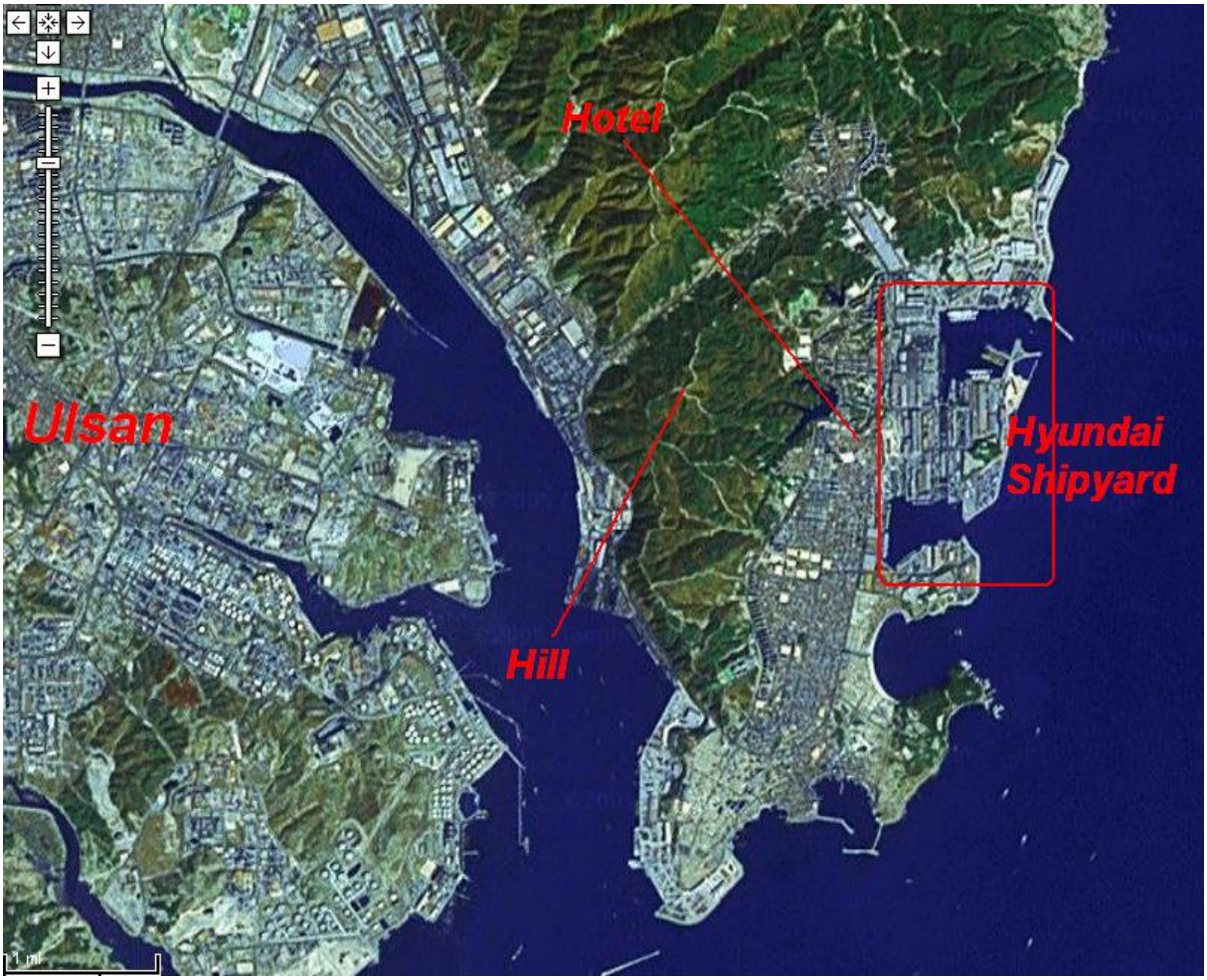


Slika 2 Panorama brodogradilišta Hyundai HI Ulsan [3]

Najveće svjetsko brodogradilište Hyundai HI Ulsan prikazano na slici 2, nalazi se na površini od oko 7200000 m² od čega je oko 1600000 m² natkriveno. Zbog nemogućnosti širenja prema kopnu veliki dio teritorija brodogradilišta nastao je nasipavanjem. Na slici 3 dana je satelitska snimka brodogradilišta. U tablici 1 su dane površine vodećih svjetskih i europskih brodogradilišta.

Tablica 1 Površine pojedinih brodogradilišta.

Brodogradilište	Zemlja	Površina (m²)
Hyundai Ulsan	Korea	7200000
Daewoo Geoje	Korea	4000000
Samsung Geoje	Korea	3300000
Hyundai Samho	Korea	3300000
Saijo Shipyard	Japan	1740000
Aker Turku	Finska	1440000
Cosco Da Li an	Kina	1200000
Odense Steel Shipyard	Danska	1100000
St. Nazaire	Francuska	1080000
Rostock	Njemačka	850000



Slika 3 Satelitska snimka brodogradilišta Hyundai HI [3]

Većina brodograđevnih korporacija, a posebno one u istočnoj Aziji, teže što većem udjelu na tržištu tj. što većoj proizvodnji. Osnovni preduvjet za ostvarenje tih ciljeva su velika građevna mjesta. Najzastupljenije građevno mjesto je suhi dok. Od pet najvećih svjetskih brodogradilišta po cgt-u[2] , svako raspolaže sa najmanje 3 suha doka. Većina brodogradilišta raspolaže sa jednim do dva plovna doka, dok ravni i kosi navozi kao građevna mjesta više nisu u upotrebi ni u dalekoistočnim niti u vodećim Europskim brodogradilištima, posebno u Italiji, Njemačkoj, Finskoj i Francuskoj. Najveća Europska brodogradilišta uglavnom orijentirana na gradnju brodova za kružna putovanja raspolažu sa jednim velikim suhim dokom i jednom velikom portalnom dizalicom. Oni nisu usmjereni na veliku produktivnost i velike serije brodova nego grade mali broj vrlo skupih brodova. U tablici 2 su dani broj i ukupni kapaciteti građevnih mjesta pet najvećih svjetskih brodogradilišta a u tablici 4 broj građevnih mjesta i nosivosti dizalica velikih europskih brodogradilišta.

Tablica 2 Broj i kapaciteti građevnih mjesta 5 najvećih svjetskih brodogradilišta [3]

Brodogradilište	Broj građevnih mjesta	Ukupni maksimalni kapacitet građ. mjesta
Hyundai Ulsan	9	3815000
Samsung Geoje Shipyard	5	2100000
Daewoo	5	1508000
Hyundi Samho	4	1880000
Hyundai Mipo	4	1550000
Jinhae STX Shipyard	1	1660000

Svako od ovih brodogradilišta ima barem jedan tzv. "megadok". Megadokovi su suhi dokovi velikih dimenzija koji omogućuju gradnju 5 do 6 brodova istovremeno. Najveća tri južnokorejska brodogradilišta imaju barem po jedan megadok. Najveće svjetsko brodogradilište Hyundai HI[3] u južnokorejskom Ulsanu ima čak 2 megadoka duljina 640 i 500 metara, 2 doka duljine 380 metara, 2 doka duljine 360 metara, 2 doka duljine 260 metara i jedan dok duljine 170 metara. [3] U siječnju 2009. godine biti će gotov deseti suhi dok duljine 640 metara i širine 92 metra. I ostala velika južnokorejska brodogradilišta imaju planove velikih ulaganja. Tako Samsung Geoje S. planira 2008 imati novi plovni dok, Daewoo planira postaviti novu 900 tonsku portalnu dizalicu a Hyundai HI Ulsan gradi novu predmontažnu radionicu blokova trupa kapaciteta 86000 t

[2] CGT, Za uspoređivanje različitih brodova u brodogradnji koristi se jedinica CGT (eng. Compensated Gross Ton, hrv: kompenzirana bruto registarske tona). Ona je jednaka umnošku GT-a i koeficijenta c koji ovisi o tipu i veličini broda i s kojim se izražava stupanj složenosti njegova strukture, odnosno same gradnje. GT (eng. Gross Ton, hrv: registarska tona) jest jedinica koja označava ukupnu proizvodnju brodova s obzirom na cjelokupan volumen svih zatvorenih prostora na različitim brodovima.

[3] HI, (eng. Heavy Industries)

crne metalurgije godišnje. STX Shipbuilding CO planira povećati svoje kapacitete za 20% u 2008. godini. Utrošiti će 135 milijuna USD[4] (142,6 milijardi KRW[5]) u izgradnju novih dokova u brodogradilištima u Busanu I Jinhaeu te biti u mogućnosti isporučiti ukupno 60 brodova godišnje. U tablici 3 su dane dimenzije najvećih suhih dokova u tri najveća svjetska brodogradilišta. [4]

Tablica 3 Dimenzije i kapaciteti megadokova [4]

Dimenzije najvećeg suhog doka (m)				
Brodogradilište	Duljina (m)	Širina (m)	Dubina (m)	Kapacitet, DWT[6]
Hyundai Ulsan	640	92	13,4	1 000 000
Samsung Geoje	640	98	12,7	2 000 000
Daewoo Geoje	529	131	14,5	3 000 000

Uz megadokove dolaze velike tzv. "golijat" portalne dizalice nosivosti do 900 tona i mogu podizati velike blokove sa ugrađenom opremom. Velike portalne dizalice pokrivaju dok i područje oko doka. Na slici 4 je prikazan megadok u brodogradilištu Hyundai sa velikim portalnim dizalicama koje podižu 40 metara dugačke blokove brodskog trupa. U blokove je ugrađen veliki dio opreme.

Tablica 4 Broj građevnih mjesta i portalnih dizalica nekih velikih Europskih brodogradilišta

Brodogradilište	Broj građevnih mjesta	Broj portalnih dizalica	Nosivost portalnih dizalica, t
St. Nazaire	1	1	750
Aker Finnyard Turku	1	1	600
Wismar	1	1	1000
Warenmunde	1	1	700
Odense Steel Shipyard	1	1	1000

U megadokovima se primjenjuje tzv. tandem gradnja. Dok se naplavljiva jednom svakih 5 ili 6 mjeseci. Brodovi čija je gradnja dovršena izvuku se van, dok ostali brodovi ostaju u suhom pregrađenom dijelu. Na ovaj način, u jednom se megadoku može sagraditi 20 do 25 brodova godišnje.

[4] USD, (eng. United States Dolar), valuta Sjedinjenih Američkih Država
[5] KRW, (eng. Korean Won), valuta Južne Koreje
[6] DWT, (eng Deadweight ton), korisna nosivost



Slika 4 Megadok u brodogradilištu Hyundai HI Ulsan [5]

Pored velikih megadokova, brodogradilište Samsung Geoje gradi brodove i u dva velika plovna doka dimenzija 450x55 metara i kapaciteta 400000 dwt. Njih opslužuju dvije velike plovne dizalice nosivosti 3500 i 3000 tona prikazane na slici 5, 96 metara visine dizanja iznad vodne linije i kraka dizanja od 47 metara. Pomoću ovih dizalica aframax tanker[7] je moguće u plovnom doku montirati u samo deset megablokova.

[7] Aframax tanker, tanker nosivosti od 75000 do 115000 DWT



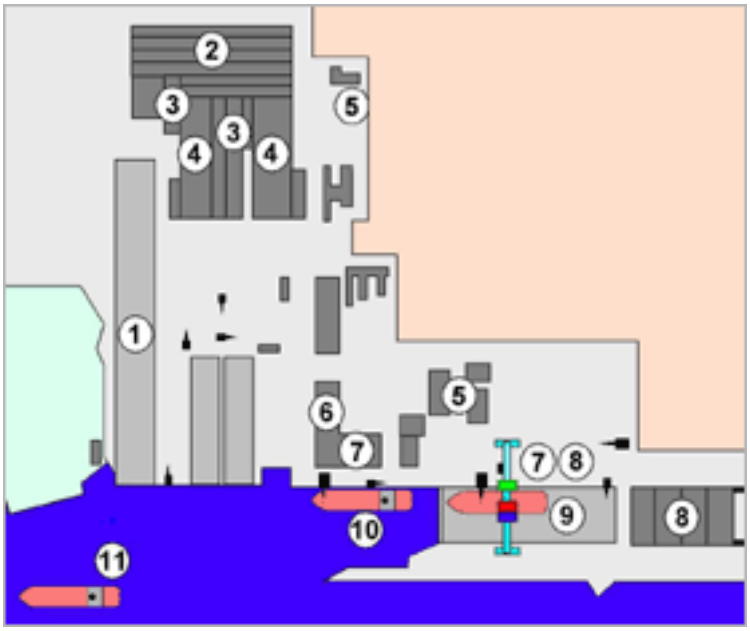
Slika 5 Plovna dizalica brodogradilišta Samsung podiže megablok

Neka od velikih svjetskih brodogradilišta posjeduju barže pomoću kojih transportiraju velike dijelove broda. Veliki blokovi brodskog trupa sa potpuno ugrađenom opremom sagrađeni na ravnoj površini dopreme se pomoću hidrauličkog transportera, kako je prikazano na slici 6, te se pomoću barže prenose na mjesto montaže. Ova tehnologija značajno skraćuje vrijeme gradnje broda.



Slika 6 Transport pramčanog dijela broda na baržu pomoću hidrauličkog transportera

Za razliku od glomaznih južnokorejskih, europska su brodogradilišta po svojim fizičkim karakteristikama znatno manja. Zbog svoje drugačije orijentacije gradnje manjeg broja brodova, nemaju potrebu za velikim brojem građevnih mjesta i velikim površinama i brojem radionica koje bi mogle obraditi velike količine čelika. Na slici 7 prikazan je tlocrt brodogradilišta u Odense Steel Shipyard u Danskoj.



Slika 7 Tlocrt brodogradilišta Odense Steel Shipyard u Danskoj [13]

Tok materijala u brodogradilištu Odense Steel Shipyard [13]:

1. Skladište čelika kroz koje prođe 10000 do 12000 tona čelika mjesečno
2. Rezanje
3. Mala predmontaža
4. Predmontaža volumenskih sekcija; U hali 1 izrađuju se sekcije dimenzija 32x22x12 metara a u hali 2 zakrivljene sekcije.
5. Antikorozivna zaštita
6. Cijevarska radionica
7. Površina za opremanje sekcija
8. Montaža velikih modula
9. Građevno mjesto, suhi dok dimenzija 415x90x11 sa portalnom dizalicom nosivosti 1000 tona. Montaža novogradnje u doku traje šest do deset tjedana, ovisno o veličini broda.
10. Opremna obala
11. Probna vožnja

Neka sjevernoeuropska brodogradilišta kao što je Meyer Werft Papenburg imaju natkrivena građevna mjesta. U ovom slučaju suhi dok se nalazi u zatvorenom prostoru, prikazano na slici 8. Razlog su loši vremenski uvjeti; hladnoća, oborine i vjetar.



Slika 8 Montaža blokova trupa u natkrivenoj hali brodogradilišta Meyer Werft u Papenburg [17]

Osvrt na fizičke značajke hrvatskih brodogradilišta

Velika hrvatska brodogradilišta: Brodosplit (slika 9), Uljanik, 3.maj, Brodotrogir i Viktor Lenac po svom zemljopisnom položaju međusobno se bitno razlikuju. Brodosplit, 3.maj i Viktor Lenac smješteni su u uvali, Brodotrogir na rtu a Uljanik na otoku. Svi se nalaze u blizini većih primorskih gradova i dobro su prometno povezani. U svim brodogradilištima glavna građevna mjesta su kosi navozi, nema suhih dokova. Prevladavaju okretne dizalice dok po jednu portalnu dizalicu dizalicu imaju samo brodogradilišta 3.maj i Viktor Lenac. U daljnjem tekstu dan je opis fizičkih značajki svakog od 5 navedenih brodogradilišta.



Slika 9 Panorama brodogradilišta Brodosplit[8]

Brodotrogir ima dva navoza (200x47m i 160x20m) koji omogućuju izradu brodova do 55 000 tdw i plutajućih dokova do 60 000 t dizanja. Proizvodni program uključuje tankere za prerađevine i kemikalije, plutajuće dokove, putničke i ro-ro putničke brodove, snabdjevače, tegljače i spasilačke brodove.

[8] http://www.brodosplit.hr/Odnosisjavno%C5%A1%C4%87u/Fotogalerija/tabid/1506/Default.aspx?Album

Brodoremont Trogir je jedno od dva velika remontna brodogradilišta u Hrvatskoj. Raspolaže s plutajućim dokom kapaciteta dizanja 9,500 tona, plovnom dizalicom kapaciteta podizanja 70/30 tona i oko 350m operativne obale s pripadajućim radionicama i opremom. Dok, operativna obala i veliko iskustvo omogućuju rekonstrukciju, prenamjenu svih vrsta brodova, uključivo brodova za ukapljeni plin.
Karakteristike plutajućeg doka:
- duljina preko svega 176,30 m
- duljina preko potklada 157,50 m
- širina doka 25,30 m
- maksimalni gaz dokovanog broda 7,70 m
- kapacitet podizanja 9500

Plutajući dok je opremljen zrakom, vodom, elektronapajanjem s obale, uključujući vlastiti diesel generator i parni kotao, kapaciteta 3 t pare na sat. Brodoremont Trogir opremljen je i s transformatorom, stanicom za komprimirani zrak i više dizalica kapaciteta podizanja od 5 do 100 t. Radionice su opremljene uređajima za obavljanje ultrazvučnih i radiografskih ispitivanja zavarenih spojeva u skladu sa zahtjevima i pravilima.

Viktor Lenac posjeduje plovni dok dimenzija: L=201,5 m, B=33,82 m i duljina preko potklada 183,2 m i kapaciteta dizanja 24 000 t. Opslužuju ga dvije dizalice nosivosti po 15 tona. Brodogradilište ima 8200 m² natkrivenog radnog prostora i 1750 m² platformi za vanjsku predmontažu. Najveća dizalica u brodogradilištu je portalna dizalica nosivosti 200 t.

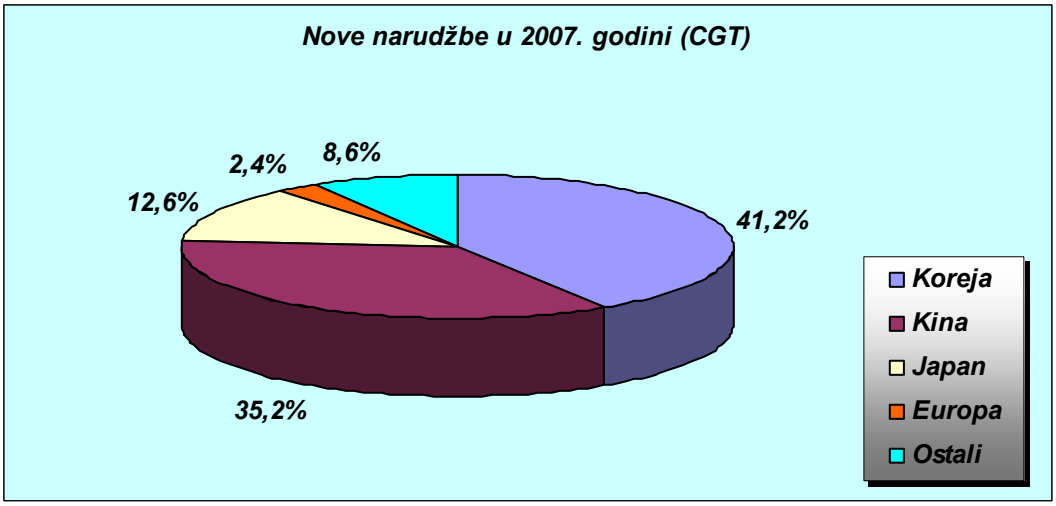
Brodogradilište 3. maj posjeduje dva kosa navoza sa ukupnom površinom preko 18000 m², jednu portalnu i nekoliko okretnih dizalica. Ukupna površina brodogradilišta je 63680 m² od čega 21060 m² površine za predmontažu.

Brodogradilište Uljanik smješteno je na otoku i sa kopnom je povezano željezničkom prugom. Građevna mjesta su kosi navozi za gradnju brodova do dužine 200 metara koje opslužuju okretne dizalice. Ukupna površina brodogradilišta je 66960 m² od čega 25700 m² površine za predmontažu.

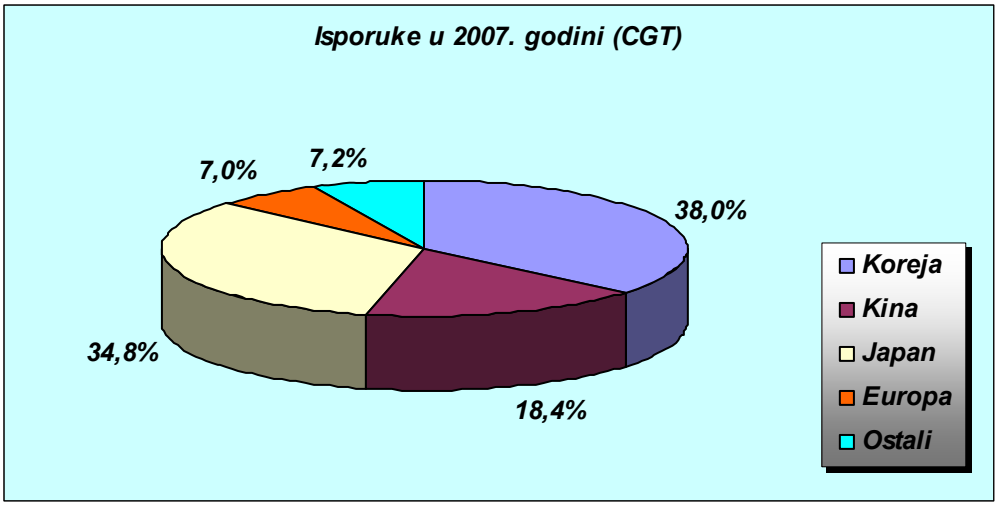
1.2 Stanje ponuda brodograđevnih kapaciteta i potražnje brodova na globalnom tržištu

Narudžbe za trgovačke brodove u svjetskim brodogradilištima iz godine u godinu dramatično rastu, a analize pokazuju da će se porast nastaviti i u budućnosti za sve tipove brodova. Porast narudžbi samo je posljedica rasta globalne svjetske ekonomije i trgovine

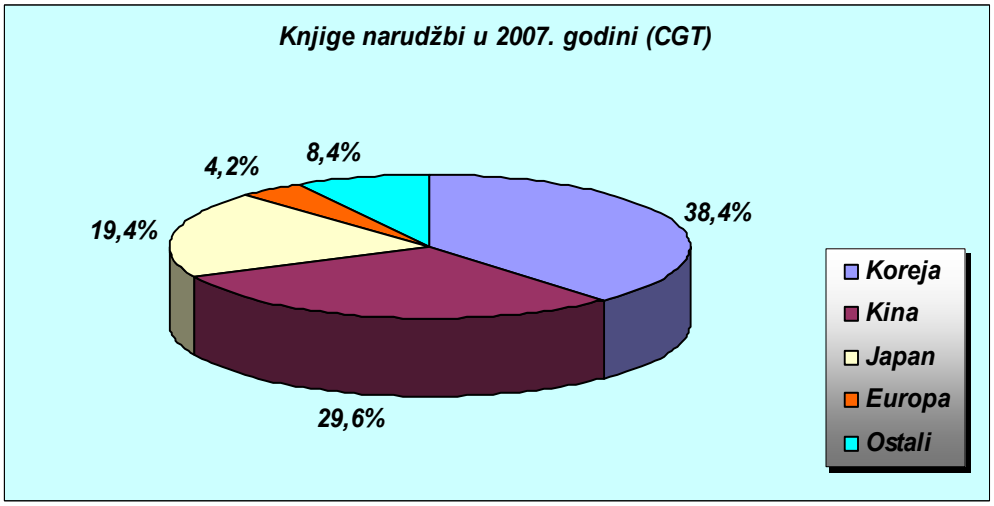
Tijekom 2006 godine isporučeno je 1914 trgovačkih brodova (300 GT i više), ukupno 24,4 milijuna cgt, dok je primljeno novih narudžbi za 3828 brodova, ukupno 61,6 milijuna cgt. U 2007. godini isporučeno je 2689 brodova sa ukupno 34,7 milijuna cgt, dok je naručen 4851 brod sa ukupno 85,3 milijuna cgt. U knjigama narudžbi bilo je upisano 10055 brodova, ukupno 177,7 mil. cgt. Podjela tonaže po tipovima novo naručenih brodova je slijedeća: brodovi za prijevoz rasutog tereta 55,4%, tankeri 24,0% i brodovi za prijevoz kontejnera 16,4% [6]. Vodeća brodograđevna zemlja po udjelu cgt-a je Južna Koreja. Slijedi Kina koja je velikim gospodarskim rastom prestigla Japan. Pregled udjela pojedinih zemalja na brodograđevnom tržištu dan je u slijedećim dijagramima na slikama 10-12.



Slika 10 Nove narudžbe u 2007. godini (CGT) [3]



Slika 11 Isporuke trgovačkih brodova u 2007. godini (CGT) [3]



Slika 12 Knjige narudžbi trgovačkih brodova u 2007. godini (CGT) [3]

Stanje na brodograđevnom tržištu s obzirom na proizvodnju pojedinih brodograđevnih korporacija izraženu u cgt prikazano je u tablici 5. Glavnu ulogu igraju velika južnokorejska brodogradilišta. Do prije deset godina, medu dvadeset vodećih brodogradilišta nije bilo niti jednog kineskog, dok danas bilježe ogroman rast.

Tablica 5 Proizvodnje i udjeli na tržištu vodećih svjetskih brodograđevnih korporacija

Korporacija	Novi CGT	Udio na tržištu	Zemlja
Hyundai Heavy, HHI	18198333	10,71%	Koreja
Samsung	10718902	6,31%	Koreja
Daewoo, DSME	9908656	5,83%	Koreja
Hyundai Mipo, HMD	5149538	3,03%	Koreja
STX	4972786	2,93%	Koreja
Imabari	4039128	2,38%	Japan
Dalian Shipbuilding, DSIC	3837082	2,26%	Kina
Universal	3117758	1,84%	Japan
Sungdong Shipbuilding	3088472	1,82%	Kina
SPP	2947971	1,74%	Kina
Mitsubishi Heavy, MHI	2900869	1,71%	Japan
Yangzijiang Shipbuilding	2560678	1,51%	Kina
Shanghai Waigaoqiao	2560317	1,51%	Kina
Hudong-Zhonghua	2364892	1,39%	Kina
SLS Shipbuilding	1685427	1,20%	Koreja
Shin Kurushima	1988761	1,17%	Japan
Oshima Shipyard	1975477	1,16%	Japan
Mitsui, MES	1944275	1,14%	Japan
Kawasaki	1911824	1,13%	Japan
New Times, NTS	1862663	1,10%	SAD

Najveća europska brodogradilišta ne mogu se po broju cgt-a natjecati sa dalekoistočnim brodogradilištima. Naročito zapadnoeuropska brodogradnja, koncentrirana u nekoliko korporacija poput talijanskog Fincantieria, Akera i drugih, gradi po tonaži znatno manje ali s naglaskom na veliku složenost i vrijednost brodova. Na slici 13 je prikazan brod za kružna putovanja u brodogradilištu Aker Finyard Turku u Finskoj. U tablici 6 su prikazane proizvodnje u cgt-u vodećih europskih brodogradilišta.

Tablica 6 Proizvodnje vodećih Europskih brodogradilišta [10]

Brodogradilište	Zemlja	CGT (mil)
1. Fincantieri M.	Italija	1,78
2. Odense Lindo	Danska	1,22
3. Gdyina	Poljska	0,969
4. Aker Finnyard Turku	Finska	0,898
5. Meyer Werft Papenburg	Njemačka	0,897
6. Aker Wismar	Njemačka	0,888
7. Szczecinska Nowa	Poljska	0,835
8. L'Atlantique St. Nazaire	Francuska	0,733
9. Daewoo Mangalia	Rumunjska	0,711
10. Uljanik Pula	Hrvatska	0,6113



Slika 13 Brodogradilište Aker Finnyard Turku[9]

[9] http://images.google.hr/imgres?imgurl=http://www.travelweekly.co.uk/blogs/genesisbuild.jpg&imgrefur

Brodograđevno tržište tankera

U prvih 6 mjeseci 2007. godine isporučeno je 335 brodova ukupne nosivosti 18,4 milijuna dwt i 6,5 milijuna cgt. U istom razdoblju su naručena 692 broda ukupne nosivosti 33,6 milijuna dwt i 12,6 milijuna cgt. Dana 1. srpnja 2007. godine u knjigama narudžbi bilo je 2766 tankera ukupne nosivosti 176 mil. dwt i 62,1 mil. cgt. što je povećanje od 24,9% u odnosu na isti datum 2006. Većina tankera naručena je u brodogradilištima istočne Azije, Naročito tankeri za sirovu naftu i ukapljeni plin. Prema knjigama narudžbe vodeća je Južna Koreja sa 32,2 mil. cgt što iznosi 51,8% ukupnog broja naručenih tankera u svijetu. Slijede Kina sa 12,5 mil. cgt (20,1%) i Japan sa 11,2 mil. cgt (18,1%). Kineska brodogradilišta imaju konstantan rast svoga udjela u tržištu tankera. Promatrajući brodogradilišta stanje prema knjigama narudžbi od 1. srpnja 2007. je slijedeće:

- Hyundai S. Ulsan (Južna Koreja) kao najveće svjetsko brodogradilište tijekom prvih 6 mjeseci 2007. godine primio je narudžbi za 86 tankera, ukupno 2 mil. cgt.
- Daewoo (Južna Koreja) je vodeći svjetski proizvođač tankera sa ukupno 5,5 mil. cgt naručeno u prvoj polovici 2007. godine. Na slici 14 je prikazan njihov Geoje Shipyard.
- Japanska brodogradilišta, korejski Samsung i STX zajedno imaju udio od 13% narudžbi u istom razdoblju
- Najveći porast narudžbi imaju kineska brodogradilišta Guangzhou International i Dalian. [6]



Slika 14 Daewoo S&ME Geoje Shipyard, vodeći svjetski proizvođač tankera [3]

Tržište brodova za prijevoz rasutog tereta

U prvih 6 mjeseci 2007 godine isporučena su 152 broda ukupne nosivosti 12,3 milijuna dwt i 2,9 milijuna cgt. U istom razdoblju je naručeno 836 brodova ukupne nosivosti 77,8 milijuna dwt i 17 milijuna cgt. Dana 1. srpnja 2007. godine u knjigama narudžbi bilo je 1768 brodova ukupne nosivosti 152,4 mil. dwt i 34,5 mil. cgt. Većina je naručena u brodogradilištima istočne Azije. Prema knjigama narudžbe vodeća je Kina sa 14,7 mil. cgt i udjelom 42,5% ukupnog broja naručenih tankera u svijetu. Slijedi Japan sa 11,9 mil. cgt (34,5%). Kineska brodogradilišta ostvaruju godišnji porast cgt- a od 274%.

Medu 10 vodećih brodogradilišta za gradnju brodova za rasute terete 7 je japanskih, dva su kineska i jedno je južnokorejsko. U prvoj polovini 2007. godine najviše je narudžbi primilo brodogradilište STX iz Južne Koreje, 57 brodova sa 1,2 mil. cgt.

Po udjelu na tržištu vodeće brodogradilište je japanski Tsuneishi sa 7,9%, prikazano na slici 15. Slijede Universal sa 5,4%, Imabari sa 5,3% i Oshima sa 5,2%. [6].



Slika 15 Brod za prijevoz rasutih tereta u japanskom brodogradilištu Tsuneishi[10]

[10] www.cafeo25.com/.../photo-of-ship.thumbnail.jpg

Tržište brodova za prijevoz kontejnera

U prvih 6 mjeseci 2007 godine isporučeno je 206 brodova ukupne nosivosti 8,5 milijuna dwt i 0,7 milijuna TEU[11] (4,5 mil. cgt). U istom razdoblju je naručen 431 brod ukupne nosivosti 22,9 milijuna dwt i 1,8 milijuna TEU (11,6 mil cgt). Dana 1. srpnja 2007. godine u knjigama narudžbi bilo je 1402 broda ukupne nosivosti 5,6 mil. TEU (35,2 mil. cgt) i 68,4 mil. dwt. Nosivost brodova je u stalnom porastu. 221 brod za prijevoz kontejnera je nosivosti veće od 8000 TEU, a 118 brodova nosivosti preko 9000 TEU. Najveći brod naručen do 1. srpnja 2007. godine imao je nosivost 12508 TEU.

Vodeća zemlja u gradnji brodova za prijevoz kontejnera je Južna Koreja. Korejska brodogradilišta prema knjizi narudžbe 1.srpnja 2007. godine imaju udio na svjetskom tržištu od 49% i 17,2 mil. cgt. Slijedi Kina sa 8,4 mil. cgt i 24%, Japan sa 2,4 mil. cgt i 6,9% te Njemačka sa 1,8 mil. cgt i 5,1%. Sve ostale zemlje zajedno imaju udio manji od 5%. Promatrajući brodogradilišta glavnu ulogu igraju velika južnokorejska brodogradilišta: Hyundai sa 14,1% prikazan na slici, Daewoo sa 5,7% i Hanjin sa 2,6%. [6]



Slika 16 Gradnja brodova za prijevoz kontejnera u brodogradilištu Hyundai HI Ulsan[12]

[11] TEU, (eng. Twenty-foot equivalent unit), Standardna duljina kontejnera od dvadeset stopa
[12] http://www.jamd.com/image/g/52766946

Tržište brodova za prijevoz općeg tereta

U prvih 6 mjeseci 2007. godine isporučeno je 228 brodova ukupne nosivosti 1,8 milijuna dwt i 1,9 milijuna cgt. U brodogradilištima su se u to vrijeme gradila 434 broda nosivosti 5,7 mil. dwt i 5,7 mil. cgt. 1. srpnja 2007. godine je u knjigama narudžbe bilo 1287 brodova ukupne nosivosti 16,7 milijuna dwt i 15,8 milijuna cgt. Na slici 17 prikazan je brod za prijevoz općeg tereta.

Vodeća zemlja u gradnji brodova za prijevoz općeg tereta je Japan sa 4,6 mil. cgt i udjelom od 29% tržišta. Slijedi Kina sa 4,4 mil. Cgt i 27,5%, Južna Koreja sa 2 mil. cgt i 12,6%. Brodogradilišta iz zemalja članica CESA-e[13] drže udio od 16,8% i 2,7 mil. cgt. [6]



Slika 17 Brod za prijevoz općeg tereta[14]

[13] CESA, (eng. Comunity of European Shipyard's Associations) Zajednica europskih brodograđevnih saveza. Obuhvaća 14 zemalja: Hrvatska, Danska, Francuska, Grčka, Italija, Malta, Nizozemska, Norveška, Njemačka, Poljska, Portugal, Rumunjska, Španjolska i Ujedinjeno kraljevstvo.

[14] http://www.trans-inst.org/photogallery.htm

Tržište putničkih i putničko-teretnih brodova

U prvih 6 mjeseci 2007 godine isporučeno je 15 putničkih brodova od ukupno 0,7 cgt i 21 putničko-teretni brod od ukupno 0,3 mil. cgt. U tom je razdoblju naručeno 28 putničkih brodova od ukupno 0,9 mil. cgt i 37 putničko- teretnih brodova sa ukupno 0,6 mil. cgt. 1. srpnja 2007. godine je u knjigama narudžbe bilo 96 putničkih brodova sa ukupno 4,7 mil. cgt i 114 putničko- teretnih brodova sa 2,1 mil. cgt. Na slikama 19 i 20 prikazani su dijagrami isporuka brodova za kružna putovanja po godinama.

Brodovi za kružna putovanja, putnički i putničko-teretni brodovi u glavnom su u domeni europskih brodogradilišta. U knjigama narudžbe 1. srpnja 2007. godine europska brodogradilišta imaju udio od 96,6% brodova za kružna putovanja i 82,5% putničko-trgovačkih brodova. Vodeća zemlja je Italija, posebno brodogradilišta Fincantieri i Visentini, zatim Njemačka, Finska i Francuska. [6] Na slici 18 je prikazano francusko brodogradilište L'atlantique St. Nazaire.

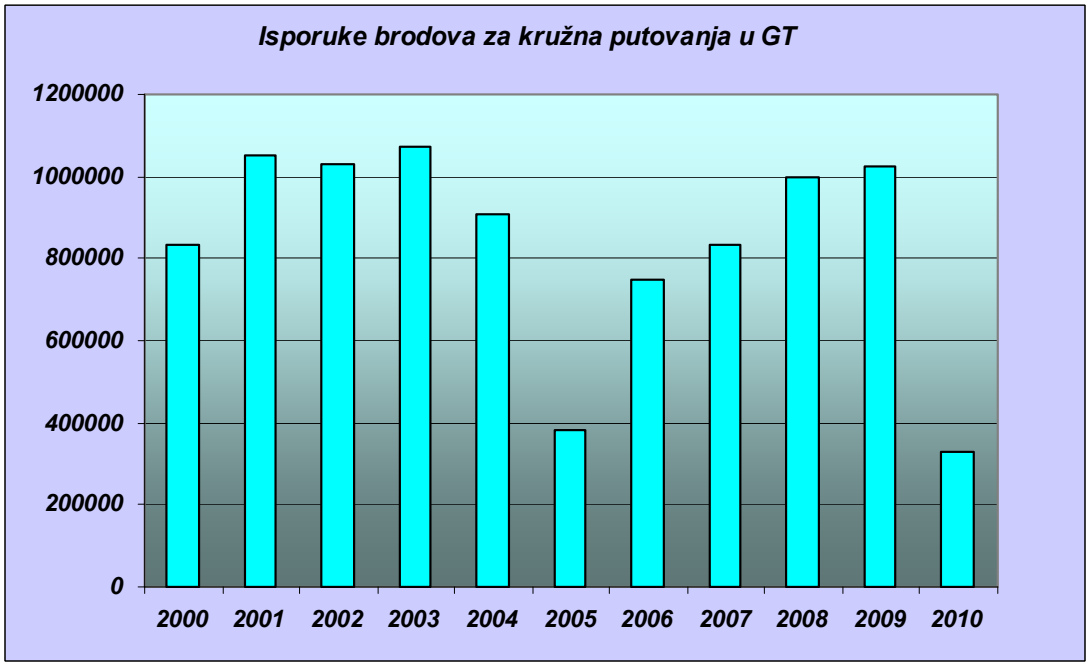


Slika 18 Brod za kružna putovanja u Francuskom brodogradilištu L'atlantique St. Nazaire[15]

[15] http://www.daylife.com/photo/0eLwaK9beN3Xc



Slika 19 Broj godišnje isporučenih i naručenih brodova za kružna putovanja [8]



Slika 20 Godišnje isporučeni i naručeni brodovi za kružna putovanja u GT [8]

Tržište brodova za prijevoz automobila

Pomorski prijevoz automobila u svijetu danas se procjenjuje na više od 19 milijuna jedinica automobila i taj broj značajno raste u ovom desetljeću sa prosječno 9% godišnje. Globalizacija je proizvodnju automobila smjestila u brojne nove centre poput Brazila, Meksika, Kine, što je dovelo do povećanja trgovine automobilima. Kao odgovor na to povećanje, u novogradnje brodova za prijevoz automobila ulažu se velike sume. Uz današnje knjige narudžbi koje sadrže 200 brodova specijaliziranih za prijevoz automobila, flota će narasti na preko 640 brodova. U tablici 7 su prikazana vodeća brodogradilišta po proizvodnji brodova za prijevoz automobila. Vodeća dva brodogradilišta su japanski Toyohashi i Mitsubishi. [7] Naslici 21 prikazano je brodogradilište Hyundai Mipo, treći svjetski proizvođač brodova za prijevoz automobila.

Tablica 7 Vodeća brodogradilišta u gradnji brodova za prijevoz automobila [7]

Brodogradilište	Broj brodova	Kapaciet automobila	Kapaciteti isporuke po godinama		
			2008	2009	iza 2010
Toyohashi S.B.	23	126291	53639	72652	
Mitsubishi H.I.	22	102500	48900	24800	28800
Hyundai Mipo	18	93000		10500	82500
Shio Kurushima	18	91500	56400	26900	8200
Hyundai Samho	12	83600	39000	13000	31600
Daewoo SB	11	76400	28200	36200	12000
STX Dalian	10	67000		13400	53600
Xamon S.B.	12	54000	12900	13500	27600
Stocznia Gdynia	8	52800	52600		
Imabari S.B.	8	49200	49200		
Lijuashi Zhoushan	8	39200		9800	29400
Hyundai H.I.	4	32400			32400
Minami Nippon	5	32000	19200	12800	
Nam Triou S.B.	4	28000		7000	21000
Tsuneishi Z.	5	26000	15600	10400	
COSCO Zhoushan	4	20000	5000	5000	10000
Vinashin	4	18000	9000	9000	
Uljanik	3	15000	15000		
3. Maj	3	14700	9800	4900	
Weltai Samjin	2	13000		13000	
Yamanishi Zosan	4	9600			9600
Kyokuyo S.Y.	4	8000		4000	4000



Slika 21 Južnokorejsko brodogradilište Hyundai Mipo, treći svjetski proizvođač brodova za prijevoz automobila [3]

Tablica 8 Povećanje flote brodova za prijevoz automobila od 1990 do 2007 godine po broju brodova i kapacitetu automobila. Veličine brodova u skupinama od 1-1999 CEU[16] do 4000-4999 CEU [7]

Godina	1-1999 CEU		2000-2999 CEU		3000-3999 CEU		4000-4999 CEU	
	brodovi	kapacitet	brodovi	kapacitet	brodovi	kapacitet	brodovi	kapacitet
1990	24	33832	42	105812	78	260456	87	394973
1995	20	28912	41	103656	76	252318	88	395337
2000	37	51089	35	87675	87	289535	113	512147
2005	46	62842	33	81492	93	313686	140	631706
2006	47	67338	36	87895	94	316979	144	648683
2007	47	67338	37	90096	95	320879	153	689223

[16] CEU (eng. Car equivalent units)

Tablica 9 Povećanje flote brodova za prijevoz automobila od 1990 do danas po broju brodova i kapacitetu automobila. Veličine brodova 5-5999 CEU i 6000+ CEU [7]

Godina	5000-5999 CEU		6000+ CEU		Ukupna flota		
	brodovi	kapacitet	brodovi	kapacitet	brodovi	kapacitet	prosječna veličina
1990	64	347690	22	136521	317	1279000	4035
1995	78	418172	26	160383	329	1358500	4129
2000	117	639617	34	206813	423	1786873	4224
2005	117	640215	88	551245	517	2281139	4412
2006	114	619875	118	747044	553	2487805	4499
2007	135	745275	113	727146	580	2639945	4552

U tablicama 8 i 9 prikazan je porast flote brodova za prijevoz automobila. Vidljiv je stalni porast prosječnog kapaciteta broda. Od 1990 do 2007 godine prosječni brod za prijevoz automobila povećao se za više od 500 automobila.

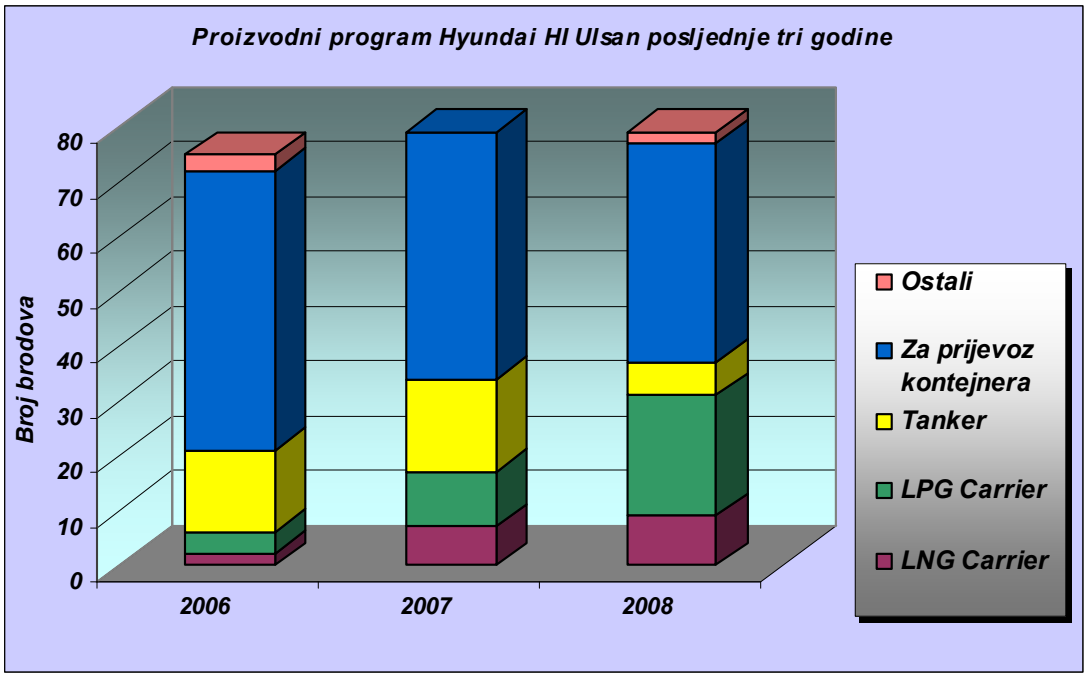
Proizvodni programi najvećih svjetskih brodogradilišta

Najveća svjetska brodogradilišta nisu više specijalizirana samo za određeni tip brodova nego imaju vrlo širok proizvodni program. U sljedećim tablicama 10-12 i dijagramima na slikama 22-24 prikazani su proizvodni programi tri najveća svjetska brodogradilišta.

Tablica 10 Proizvodni program brodogradilišta Hyundai HI Ulsan [4]

Hyundai HI Ulsan			
Tip broda	2006	2007	2008
LNG Carrier[17]	2	7	9
LPG Carrier[18]	4	10	22
Tanker	15	17	6
Za prijevoz kontejnera	51	45	40
Ostali	3		2
Ukupno	75	79	79

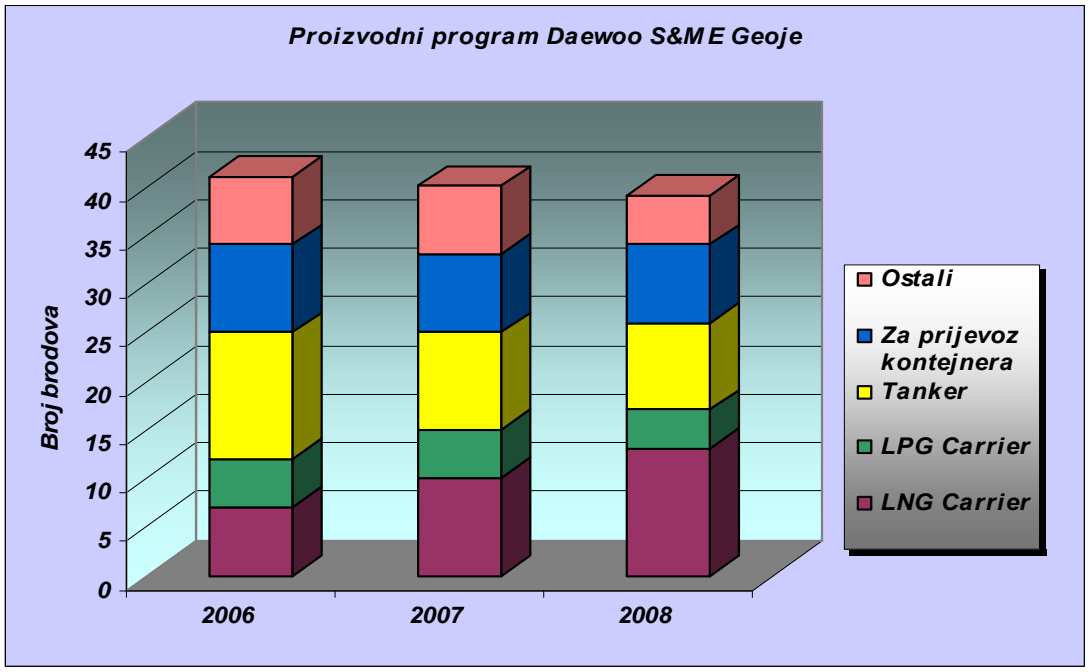
[17] LNG Carrier, Liquified natural gas carrier – Brod za prijevoz prirodnih plinova ukapljenih pod tlakom i/ili pri vrlo niskim temperaturama u tankovima posebne konstrukcije. [11]
[18] LPG Carrier, Liquified petroleum gas carrier – Brod za prijevoz prerađenih plinova ukapljenih pod tlakom i/ili pri vrlo niskim temperaturama u tankovima posebne konstrukcije. [11]



Slika 22 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Hyundai HI Ulsan [4]

Tablica 11 Proizvodni program brodogradilišta Daewoo S&ME Geoje [4]

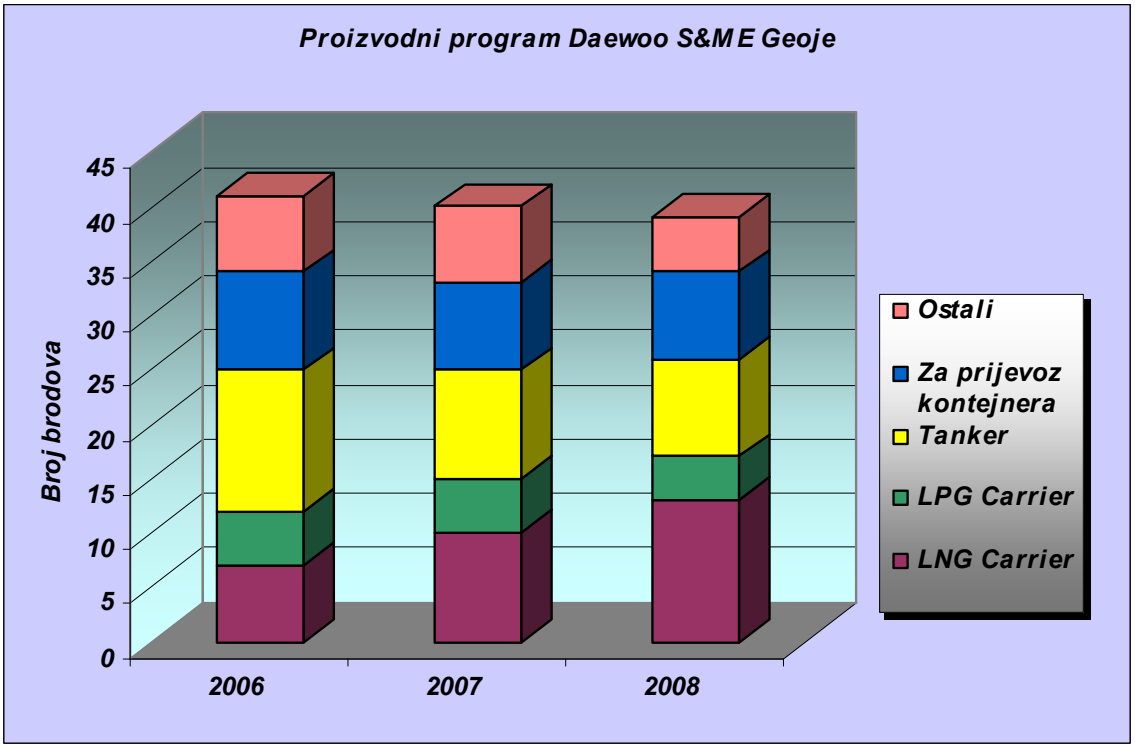
Daewoo S&ME Geoje			
Tip broda	2006	2007	2008
LNG Carrier	7	10	13
LPG Carrier	5	5	4
Tanker	13	10	9
Za prijevoz kontejnera	9	8	8
Ostali	7	7	5
Ukupno	41	40	39



Slika 23 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Daewoo S&ME Geoje [4]

Tablica 12 Proizvodni program brodogradilišta Samsung HI Geoje [4]

Samsung HI Geoje			
Tip broda	2006	2007	2008
LNG Carrier	7	9	12
Tanker	16	15	13
Za prijevoz kontejnera	19	17	13
Ostali	2	4	2
Ukupno	44	45	40



Slika 24 Dijagramski prikaz proizvodnog programa brodogradilišta Samsung HI Geoje [4]

1.3 Financijski pokazatelji poslovanja brodogradilišta

Prema [22] , str 7 i 8 u zemljama tržišnog gospodarstva danas prevladavaju dva modela komercijalnih brodogradilišta: tvornice brodova i montažna brodogradilišta. Tvornice brodova su mahom locirane u Južnoj Koreji i Japanu kao dio keiratsu[19] konglomerata. Njihova dominacija na svjetskom tržištu standardnih brodova počiva na slijedećim faktorima:

- članice keiratsu opskrbljuju tvornice brodova materijalom i serijskom opremom uz niske cijene i podržavaju njihovu konkurentnost radi pune i trajne zaposlenosti cijelog sustava u svim uvjetima tržišta;
- tipizirani program brodova mijenja se isključivo prema potrebama tržišta, a ne zahtjevima pojedinog naručitelja;
- tvorničku organizaciju temelje na kapacitetima prilagođenim proizvodnom programu;
- suvremeni koncept ubrzane gradnje brodova provode montažom blokova na ograničenom broju ležajeva;
- primjenjuju JIT (just in time) opskrbu iz vlastitog keiratsu konglomerata, po dnevnom programu proizvodnje i ograničenje zaliha na tjedne potrebe. Navedeni čimbenici osiguravaju tvornicama brodova apsolutno najniže troškove inputa po stavkama rada, materijala i obrtnog kapitala.

Montažna brodogradilišta

Montažna brodogradilišta polaze od principa minimalnih fiksnih troškova i fleksibilne prilagodbe promjenama opsega zaposlenosti i predmeta proizvodnje, a ističu ih slijedeće karakteristike:

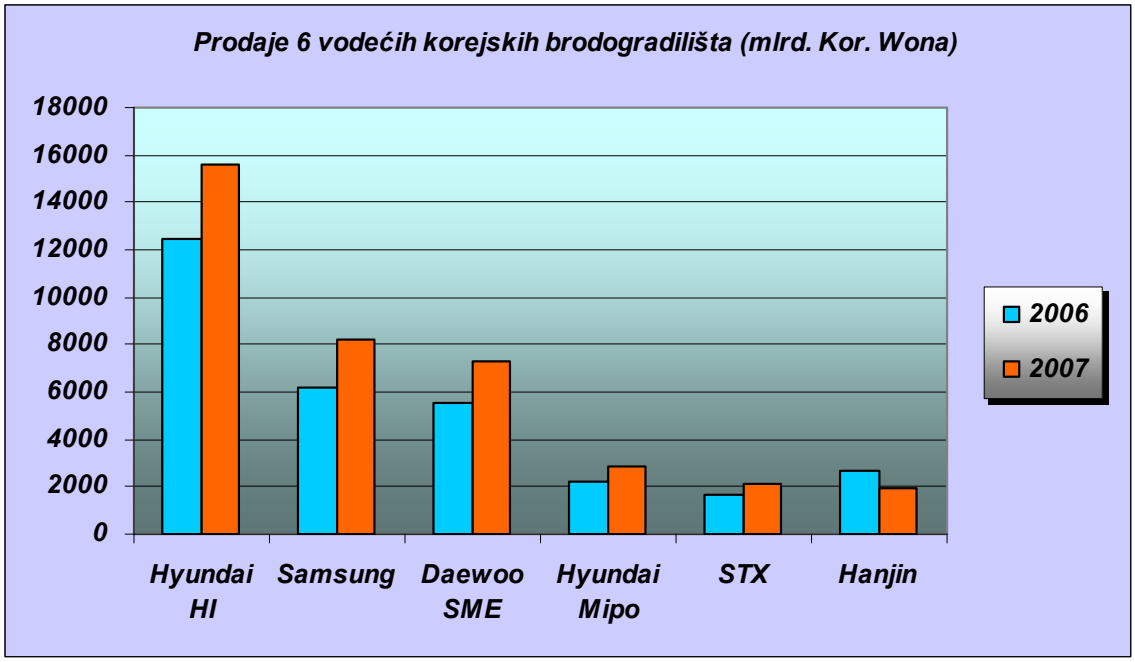
- nezavisni specijalizirani proizvođači i dobavljači opreme i uređaja, su rezervni kapaciteti montažnog brodogradilišta, koja bivaju angažirani prema potrebi ugovorenog projekta. Ovakva kooperacija obuhvaća isporuku i ugradnju komponenata, konstruktivna rješenja, pribavljanje atesta i upućivanje u pogon uz neposrednu garanciju krajnjem korisniku;
- Koncept ubrzane izgradnje provodi se postojećim instalacijama za blokovsku montažu u brodogradilišta i/ili angažiranjem kapaciteta drugih brodogradilišta, kako bi se širenjem fronta izrade sekcija ubrzala izgradnja na montažnom ležaju.

[19] Keiratsu, (engl. keiretsu) je japanski termin za ogromni industrijski, uslužni i financijski konglomerat, koji djeluje na širokom spektru ekonomske aktivnosti, od zdravstvene zaštite i brige za okoliš sve do avionske i medicinske tehnike. Doslovno preveden taj termin bi značio poslovno udruženje. To je mrežna organizacija japanskih kompanija.

- Stručni kadar sa specifičnim "know how" i/ili sposobnošću, da iz okruženja prihvati usluge stručnjaka za koncipiranje i gradnju specijalnih plovila;
- Široka primjena kompatibilnog EDP[20] sustava za efikasnu projektnu i tehnološku definiciju projekta u suradnji sa obuhvaćenim krugom kooperanata;

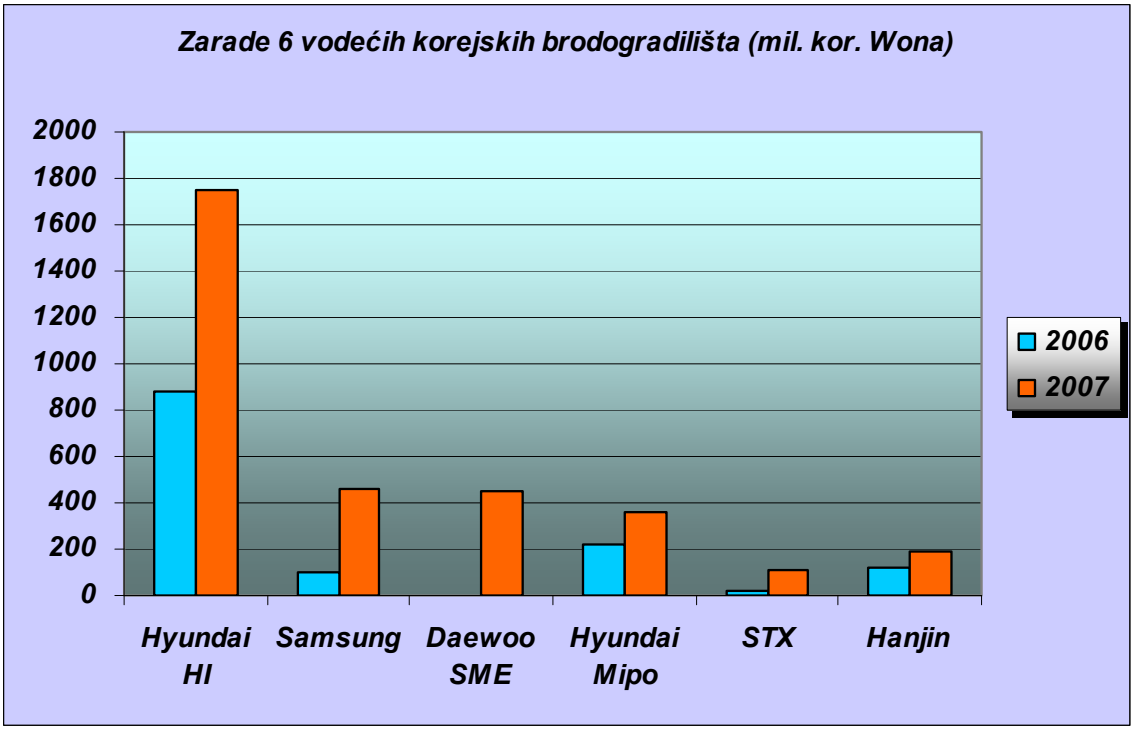
Po ovom modelu europska brodogradilišta sve više nalikuju inženjering kompanijama, ugovarateljima projekta i njegovog financiranja sa investitorima, koji izgradnju obavljaju u suradnji sa dobavljačima i kontraktorima. Preduvjet poslovanja montažnih brodogradilišta je blisko tržište nezavisnih dobavljača, koji po potrebi dio kapaciteta angažiraju za kooperaciju u brodogradnji.

Iz godine u godinu raste prodaja najvećih svjetskih brodogradilišta. Još veci postotak rasta bilježe u godišnjoj zaradi. Vodeća južnokorejska, kineska i japanska brodogradilišta su lokomotive koje vuku mnoge druge grane industrije i od strateške su važnosti za svoje zemlje. Država Južna Koreja izdvaja velike subvencije za svoja brodogradilišta. U dijagramima na slikama 25 i 26 su vidljive prodaje i zarade najvećih južnokorejskih brodogradilišta u 2006. i 2007. godini.



Slika 25 Prodaje 6 vodećih južnokorejskih brodogradilišta u 2006. i 2007. godini [3]

[20] EDP, (eng. Electronic Data Processing), elektronska obrada podataka



Slika 26 Zarade 6 vodećih južnokorejskih brodogradilišta u 2006. i 2007. godini [3]
(1 USD = 1040 KRW)

U suvremenim brodogradilištima sve je kraće vrijeme potrebno da se izgradi brod. Kao rezultat toga ona proizvode više brodova sa jednog građevnog mjesta. Na primjer, japanska i južnokorejska brodogradilišta sa jednog građevnog mjesta mogu sagraditi i preko deset brodova godišnje. S time ostvaruju brži povrat svojih investicija. U tablicama 13 i 14 su prikazane procijenjene vrijednosti imovine i vrijednosti dionica tri najveća svjetska brodogradilišta u 2006. godini.

Tablica 13 Ukupna procijenjena vrijednost imovine tri najveća svjetska brodogradilišta u 2006. godini [4]

Brodogradilište	(mil USD)
Hyundai Ulsan	14214,5
Samsung Geoje Shipyard	9732,22
Daewoo Geoje Shipyard	6405,71

Tablica 14 Vrijednosti dionica vodećih svjetskih brodogradilišta [4]

Brodogradilište	(mil USD)
Hyundai Ulsan	4817,8
Samsung Geoje Shipyard	2387,67
Daewoo Geoje Shipyard	1724,85

Iako po proizvodnji u cgt daleko zaostaju za velikim dalekoistočnim brodogradilištima, europska brodogradilišta ostvaruju znatno bolje financijske rezultate. Uzrok tome leži u razlici cijena brodova koje grade europska brodogradilišta od onih koje grade južnokorejska a naročito kineska brodogradilišta poput brodova za prijevoz rasutih tereta. U tablici 15 su dane cijene određenih tipova brodova. Vidljivo je da je cijena jednog broda za kužna putovanja višestruko veća od cijena brodova koje prevladavaju u proizvodnim programima Hyundai HI, Samsunga ili Daewoo-a.

Tablica 15 Cijene pojedinih tipova brodova [8]

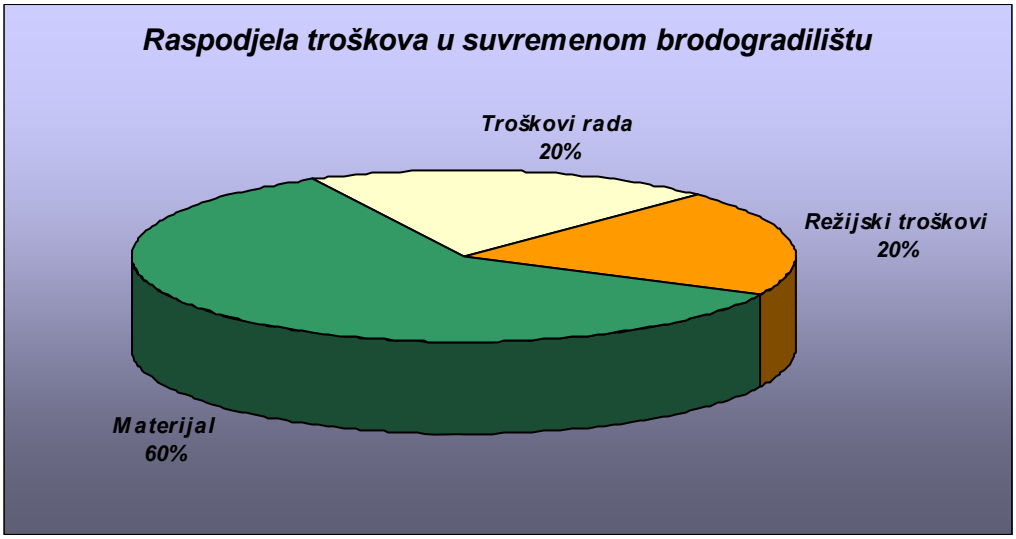
Tip broda	Veličina	Cijena (mil $)
Brod za kružna putovanja	160000 GT	720
	93000 GT	400
LNG	147000 m3	205
Brod za prijevoz rasutih tereta	75000 DWT	38,5
	170000DWT	62
Tanker	150000 DWT	75
	300000 DWT	124,5
Brod za prijevoz kontejnera	6200 TEU	93
	3500 TEU	59
	1100 TEU	26

Prema izvješću na svojim internetskim stranicama brodograđevna korporacija Aker je u 2007. godini u samo šesnaest novogradnji ostvarila prihod u iznosu od 5,8 milijardi eura [12]. Europska brodogradilišta članice CESA-e ostvaruju snažan tehnološki napredak. Troše svote veće od milijardu € godišnje ili otprilike 10% prihoda na istraživanja i razvoj te elaboriranje inovativnih solucija za nove proizvode i procese. [10]

Gradnja složenijih tipova brodova postavlja potpuno drugačiji nivo zahtjeva za brodogradilište i njegovu okolnu infrastrukturu. Fokus je prebačen sa čisto čelične konstrukcije na opsežan posao opremanja. Povećanjem složenosti broda, udio radova čelične konstrukcije se značajno smanjuje. U suvremenim brodovima za kružna putovanja opremanje predstavlja 80% ukupnih radova a izrada čeličnog trupa 20%. Troškovi materijala postaju dominantni čimbenik u cijeni broda.

Kineska brodogradilišta i dalje najveću dobit izvlače iz jeftine radne snage, ali bi ta prednost uskoro mogla nestati. Sve veći rast cijena čelika, ugljena, nafte a s time električne energije opterećuju kinesku brodograđevnu industriju. Svoje kapacitete počela su povećavati indijska brodogradilišta koja će u budućnosti po niskoj cijeni radne snage postati konkurencija Kini.

U dijagramu na slici 27 prikazana je raspodjela troškova prosječnog južnokorejskog brodogradilišta.



Slika 27 Raspodjela troškova u suvremenom južnokorejskom brodogradilištu [2]

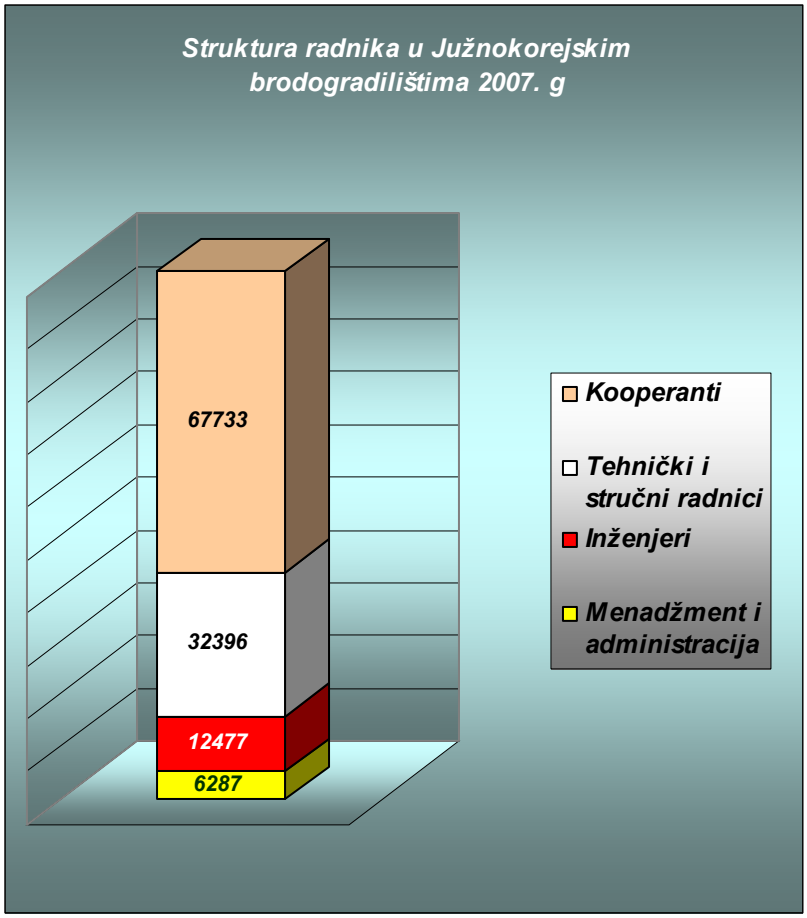
1.4 Značaj strukture radne snage za uspješnost brodogradilišta

Velika svjetska brodogradilišta zapošljavaju veliki broj ljudi. Određen broj poslova u svakom brodogradilištu obavljaju kooperantska poduzeća. U tablici 16 je dan ukupan broj radnika u 3 najveća svjetska brodogradilišta i dio od ukupnog broja radnika koji radi u kooperantskim poduzećima. Može se vidjeti kako u brodogradilištu Daewoo cjelokupnu radnu snagu čine radnici kooperantskih poduzeća.

Tablica 16 Ukupan broj zaposlenih u najvećim svjetskim brodogradilištima i broj zaposlenika kooperantskih pouzeća [2]

Brodogradilište	Broj zaposlenih	Kooperanti
Hyundai	24934	13664
Samsung	12000	8000
Daewoo	10000	10000
STX	7700	3100

Na kraju 2007 godine broj radnika zaposlenih u južnokorejskoj brodogradnji narastao je na 118 893. Godinu ranije taj broj je iznosio 93 385 što je povećanje od 25 508 novih radnih mjesta. Rast proizvodnje konstantno prati i porast broja radne snage. Južna Koreja trenutno ima 9 velikih brodogradilišta registriranih u korejsku udrugu brodogradilišta koja ostvaruju 95% izvoza u brodogradnji. 2005. godine na 80 600 zaposlenih u brodogradilištima još je oko 5 milijuna radnika bilo zaposleno u proizvodnji brodske opreme i strojeva [3]. Struktura radne snage u južnokorejskim brodogradilištima prikazana je na slici 28.



Slika 28 Struktura radne snage u Južnokorejskim brodogradilištima [9]

U prošlosti su brodogradilišta bila u velikoj mjeri samodostatna u svim područjima brodograđevnog procesa. Sva izrada čeličnog trupa, opremanje pa čak i strojogradnja bila je uglavnom obavljana od strane zaposlenika brodogradilišta. Povremeno je bio potreban rad kooperacije u manjem opsegu i to uglavnom pod nadzorom brodogradilišta. Složenost određenih radova, posebno opremanja sve je više zahtijevalo mnogo dobro izučene radne snage na ograničeni vremenski rok. Sa točke gledišta brodogradilišta to je bilo vrlo teško i skupo. Iz tog razloga suvremena brodogradilišta u velikoj mjeri koriste usluge kooperacijskih poduzeća

U velikim korejskim brodogradilištima, nedostatak stručne radne snage je sve veći i ozbiljniji problem. Korejska udruga brodogradilišta organizira edukaciju i treninge radne snage u školama i tehničkim fakultetima.

Jedno od najkonkurentnijih područja japanske brodograđevne industrije uvijek su bili izvrsni ljudski resursi. U suvremenom proizvodnom procesu, gdje je nemoguće potpuno automatizirati proizvodne linije, stručni radnici s velikim iskustvom sposobni donositi važne odluke od neprocjenjive su važnosti. 2004. godine u suradnji sa japanskim brodograditeljskim organizacijama, osnovan je SSDC - Shipbuilding Skill Development

Center (centar za usavršavanje vještina u brodogradnji). Centar razvija materijale za osposobljavanje i priprema potrebnu opremu za regionalne brodograđevne centre.

Tablica 17 Broj zaposlenih u pojedinim Europskim brodogradilištima

Brodogradilište	Broj zaposlenih
Aker Finnyard Turku	2110
L'atlantique St. Nazaire	2880
Aker Wismar	1308
Warnemude Rostock	981

Najveće brodograđevne grupacije u Europi na temelju broja radnika prema [23] su:

- Aker Yards (Finska) zapošljava 14.000 zaposlenih u 11 brodogradilišta u 5 zemalja;
- Tisen Krup (Njemačka) zapošljava 10.000 zaposlenih u 7 brodogradilišta u 4 zemlje;
- DCM (Francuska) zapošljava 10.000 zaposlenih u 4 brodogradilišta u 1 zemlji;
- Fincantieri (Italija) zapošljava 9.200 zaposlenih u 8 brodogradilišta, u 25 zemalja EU
- Gdanjsk (Poljska) zapošljava 6.400 zaposlenih;
- Ščecin (Poljska) zapošljava 5.000 zaposlenih, a ukupno Poljska zapošljava 11.500 zaposlenih
- Hrvatska brodogradnja zapošljava oko 10.000 zaposlenih, odnosno u grupi brodogradilišta s pratećim djelatnostima zapošljava 12.500 zaposlenih.

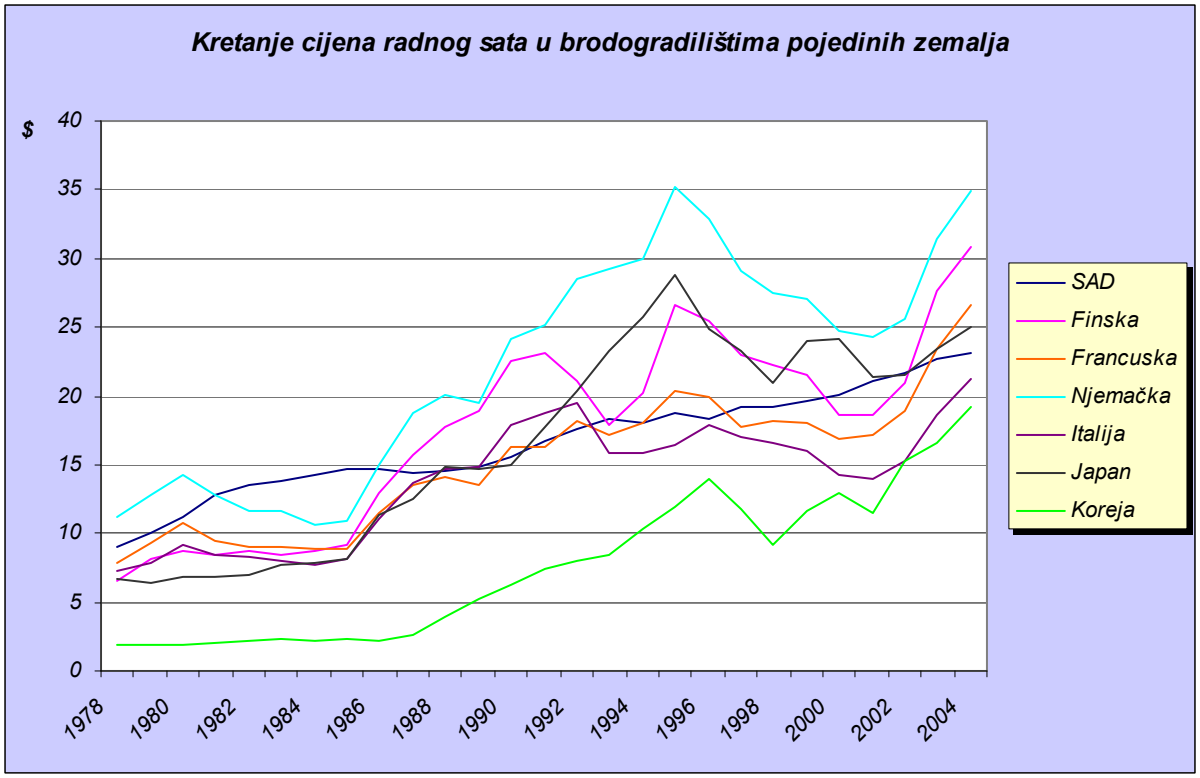
CESA predstavlja brodogradilišta 15 Europskih zemalja i pokriva 99% EU brodograđevne proizvodnje i 85% brodograđevne proizvodnje u cijeloj Europi. Članovi CESA-e obuhvaćaju 20% svjetskih kapaciteta za proizvodnju trgovačkih brodova i imaju oko 140000 zaposlenika. Najbolje placenti brodograđevni radnici su upravo u zapadnoeuropskim brodogradilištima što pokazuje sljedeća tablica 18 i dijagram na slici kretanja cijena radne snage u zadnjih trideset godina [10] .

Tablica 18 Prosječna mjesečna primanja radnika u brodogradnji u pojedinim zemljama [10]

Zemlja	$
Njemačka	2400
Nizozemska	2400
Japan	1800
Južna Koreja	1400
Poljska	800
Hrvatska	750
Singapur	600
Ukraina	400
Turska	400
Kina (Šangaj)	375
Rumunjska	300
Kina (Unutrašnjost)	200
India	150

Brodogradnji trebaju visoko obrazovani kadrovi, visoka tehnologija, znanje, iskustvo, kreativnost. Sve su to osnove za razvoj industrije. Na svim razinama su ljudi preduvjet za uspjeh kako bi nastavili razvoj europske industrije kao najnaprednije na svijetu. Godišnji obrt je 10 milijardi EUR-a u brodogradnji, kojoj treba dodati brodogradnju za vojne potrebe i remont. [23]

- 300 brodogradilišta u Europi pokreće i održava prateću industriju u 9.000 poduzeća.
- 100000 radnika zaposleno je direktno u brodogradnji, a sa pratećom industrijom to je 350000 radnika.
- 1 milijarda EUR-a troši se za istraživanje i razvoj
- Jaka globalna pozicija u sofisticiranim brodovima i remontima
- Brodogradilišta u Europi vode u poboljšanju performansi (proizvodi i procesi), u prenamjeni i remontu.



Slika 29 Kretanje cijena radnog sata u pojedinim zemljama

Na dijagramu na slici 29 je vidljivo da je Južna Koreja do 1990. godine bila zemlja izrazito jeftine radne snage, a danas je cijena radnog sata gotovo dostigla razinu cijena u Italiji ili Japanu. U zemljama zapadne i sjeverne Europe kao što su Njemačka i Finska cijena radnog sata je najveća. Grade se najskuplji brodovi pa je i vrijednost broda po radniku najveća. Također je velika razlika u obrazovanju između visokorazvijenih zemalja i zemalja poput Kine i Indije gdje su primanja daleko manja. [23]

Socijalni dijalog između poslodavca i radnika u Europi, važna je konkurentna prednost. Socijalni dijalog udružio je snage sektora poslodavaca i radnika da demonstrira i prikaže važnost održavanja i razvoja ove industrijske grane, zapošljavanja visoko kvalificirane radne snage, te privlaćenja mladih ljudi u industriju. Održavaju se predavanja po školama, organiziraju se okrugli stolovi, dani otvorenih vrata i sl. kako bi se brodogradnju približilo stanovništvu i prikazalo je kao cistu i održivu industriju. Know-how (kako znati) tehnologija je način za koji se zalažu socijalni partneri. [23]

NEKI PROJEKTI EU [23] :

INTERSHIP - Najveći projekt Europske komisije vezan za brodogradnju - 19 mil. EUR-cilj mu je poboljšanje integracije brodogradnje i dobavljača, te osposobljavanje i obrazovanje aktera.

VISIONS - predviđa nagrade za inovacije u području brodogradnje - nove tehnologije i tehnološka rješenja, ali i utjecaj na klimu, okoliš, floru, faunu i slično.

HERCULES - projekt ne klasičnog načina zaštite okoliša odnosi se na radnike koji rade u brodogradilištima, ali i one iz okruženja. Zaštiti na radu daje se veliki značaj kao i očuvanju voda, kao ključnog resursa.

1.5 Tehnološke karakteristike brodograđevne proizvodnje

Uvjet opstanka na tržištu, tj. mogućnosti ugovaranja novih brodova uz eventualni rast profita, je sposobnost prilagođavanja suvremenim tehnologijama.

Tehnološke promjene su transformirale brodogradilišta, posebno ona dalekoistočna, iz projektno orijentiranog procesa u proces masovne proizvodnje. Možemo reci da su današnja vodeća svjetska brodogradilišta po cgt-u "tvornice brodova". To se posebno odnosi na gradnju velikih teretnih brodova kao što su tankeri za prijevoz sirove nafte, brodovi za prijevoz rasutih tereta i brodovi za prijevoz kontejnera koja postaje standardizirana sa mnogo ponavljajućih operacija.

Brodogradnja je proces sklapanja stotina tisuća izrađenih dijelova strukture, strojeva i razne druge opreme. Ugradnja opreme u blok trupa u predmontažnoj radionici 3 puta je učinkovitija nego ugradnja na opremnoj obali i 9 puta učinkovitija od ugradnje na brodu. Većina velikih brodova (tankeri za prijevoz sirove nafte, brodovi za prijevoz rasutih tereta i brodovi za prijevoz kontejnera) je 90% do 95% završena prije nego se iz doka preda vodi.

Standardizacija i modularizacija brodskih sustava i dijelova danas je ključ racionalne proizvodnje, prebacivanje rada sa broda u radionicu gdje se može obaviti u ugodnijem i kontroliranom ambijentu.

Mnogi brodski sustavi moraju biti ugrađeni tako da se omogući njihova jednostavna zamjena zbog dotrajalosti ili uvođenja suvremenije opreme. Potrebna je velika preciznost u komunikaciji i koordinacija između dobavljača opreme i brodogradilišta. Digitalna planirana proizvodnja smještena u proizvodnom središtu povezuje konstrukciju trupa, tehnologiju, i proizvodni pogon sa opremanjem te određuje optimalni proizvodni plan uzimajući u obzir sva ograničenja. Na slikama 30 i 31 prikazani su dijelovi brodograđevnog proizvodnog procesa u suvremenom montažnom brodogradilištu Fincantieri Monfalcone.



Slika 30 Panel linija u brodograđevnoj radionici brodogradilišta "Fincantieri Monfalcone"[21]



Slika 31 Opremanje sekcije pramca broda za kružna putovanja u brodogradilištu "Fincantieri Monfalcone"

[21] http://www.malignani.ud.it/WebEnis/NorthWindSouthSun/photos/Fincantieri/index.htm

Konstrukcije većine brodova su sve složenije. Brodogradilišta su postala ovisna o vanjskim suradnicima, ili o drugim brodogradilištima iste korporacije a nerijetko ulaze u partnerske konzorcije sa nekad konkurentskim brodogradilištima. Više brodogradilišta radi na zajedničkim projektima.

Nove tehnologije, automatizacija i robotizacija kao i integracija projektiranja i procesa izrade dijelova dovele su do znatnog povećanja produktivnosti i preusmjeravaju brodogradnju iz sektora sa radnom snagom u glavnoj ulozi u sektor u kojoj glavnu ulogu igra suvremena računalna tehnologija.

Vanjska suradnja povećava količinu razmijenjenih podataka i stavlja naglasak na potrebu osiguravanja sustava koji će to obavljati. Veliki troškovi dorada, fizičkih prototipova u kombinaciji sa složenim opremanjem, ogromnim montažnim prostorom i rukovanjem materijalom u slučaju paralelne gradnje više brodova čini računalno planiranje procesa proizvodnje tehnološki vrlo dobrim i atraktivnim rješenjem a gledano s ekonomske strane čak i nužnim u borbi na tržištu

Maksimiziranje efikasnosti gradnje broda u biti znaci:

- osiguravanje najpovoljnije nabave potrebnog materijala
- optimiziranje (cijena - kvaliteta) svakog procesa
- planiranje svih operacija na način da se osigura neprekinuti tok materijala i optimalno iskorištenje raspoloživih resursa (rad, oprema, prostor, vrijeme)

Projektiranje se ne može razmatrati odvojeno niti od planiranja procesa niti od redoslijeda pojedinačnih proizvodnih procesa. Ipak, iz praktičnih razloga, razlikuje se proizvodnja od projektiranja i aktivnosti planiranja. Dok se proizvodnja bavi rukovanjem i transformacijom materijalnih objekata, konstruiranje i aktivnosti planiranja generiraju i obraduju informacije.

Pod pojmovima "proizvodni procesi" i "proizvodne aktivnosti" misli se na aktivnosti koje se u biti sastoje od transformacije materijalnih objekata (obrada materijala, sklapanje, transport i dr.). Vrste i redoslijed ovih aktivnosti u velikoj mjeri variraju ovisno o tipu broda (tanker, brod za prijevoz kontejnera, putnički brod itd.) i veličini kao i o pojedinim metodama i ograničenjima pojedinih brodogradilišta. Ipak generalno se brodograđevna proizvodnja može podijeliti na slijedeće proizvodne procese:

1. prihvat, odlaganje i predobrada sirovina
2. trasiranje, rezanje i oblikovanje limova i profila
3. izrada plošnih sekcija; ukrepljenih panela i podsklopova na panel linijama
4. izrada volumenskih sekcija u predmontažnoj radionici
5. izrada dijelova oprema (cijevarska radionica) i montaža u blokove opreme
6. okrupnjavanje sekcija u velike blokove
7. opremanje velikih blokova trupa

8. bojanje (antikorozivna zaštita)
9. podizanje i montaža u suhom doku
10. opremanje strojevima i uređajima
11. završno opremanje

1.6 Komunikacijske i informacijske tehnologije brodograđevne proizvodnje

Prije gradnje, svaki brod mora biti projektiran, operacije gradnje moraju biti isplanirane, strojevi moraju biti programirani i mora biti osigurana pravovremena dostava materijala i opreme. Sve te aktivnosti uključuju generiranje i manipulaciju sa enormnom količinom podataka. Dostupnost potrebnih informacijskih i komunikacijskih alata značajno je povećalo količinu podataka koji mogu biti obrađeni. Održavanje postojećih i novih podataka kao i nesmetan tok informacija kroz razne brodograđevne aktivnosti ključno je za efikasnu realizaciju svakog brodograđevnog projekta.

Specifičnost brodogradnje u usporedbi sa ostalim sličnim industrijama je u činjenici da će strojevi, predmontažne linije ili radionice rijetko proizvesti potpuno slične dijelove.

Operacijski principi montažnog brodogradilišta postavljaju posebne zahtjeve za integracijom procesa. Projektiranje i proizvodnja se više ne događaju samo u ograničenom prostoru unutar brodogradilišta. Posao se može obavljati daleko od brodogradilišta čak i u drugim zemljama. Brodogradilište je de-facto koordinatorsko tijelo za sve aktivnosti. To znaci efikasan protok velike količine podataka u bilo kojem obliku do svih korisnika. Još je važnije da se podatci distribuirani u mnogo različitih oblika drže konstantno aktualni.

Danas je većina brodogradilišta svjesna da je najbolji način povećanja produktivnosti u kratkom razdoblju putem efikasnog planiranja proizvodnje i racionalizacije svih proizvodnih i projektnih procesa. Ti se ciljevi mogu postići isključivo integracijom svih aktivnosti, izvlačeći maksimum iz suvremene računalne tehnologije.

Do nedavno je većina velikih brodogradilišta koristila velike dostupne baze podataka; imali su osobna računala i radne stanice povezane lokalnom mrežom, a putem Interneta su povezani sa mnogo svojih dobavljača i kooperanata. Njihov CAD sustav je povezan sa strojevima i može npr. dostavljati podatke strojevima za rezanje. Ipak CAD/CAE alat je još bio uglavnom za dizajniranje i povremeno osiguravanje podataka za CIM sustav, logistiku, planiranje odjeljenja i kooperanata. Umjesto toga CAD/CAE treba biti integracijska kralježnica svakog brodograđevnog projekta.

Povećanje proizvodnje u vodećim europskim brodogradilištima ostvaruje se putem racionalizacije faza procesa, dobrog planiranja i integracije dok se u dalekoistočnim brodogradilištima stavlja još naglasak i na veliki stupanj automatizacije. Koncepti "proizvodni model" i "simulacija procesa" mogu biti okosnica za strategiju gradnje (standardizirane komponente, modularno opremanje itd.), visoko konkurentne metode projektiranja i proizvodnje i alat za efikasnu podršku upravljanju procesom.

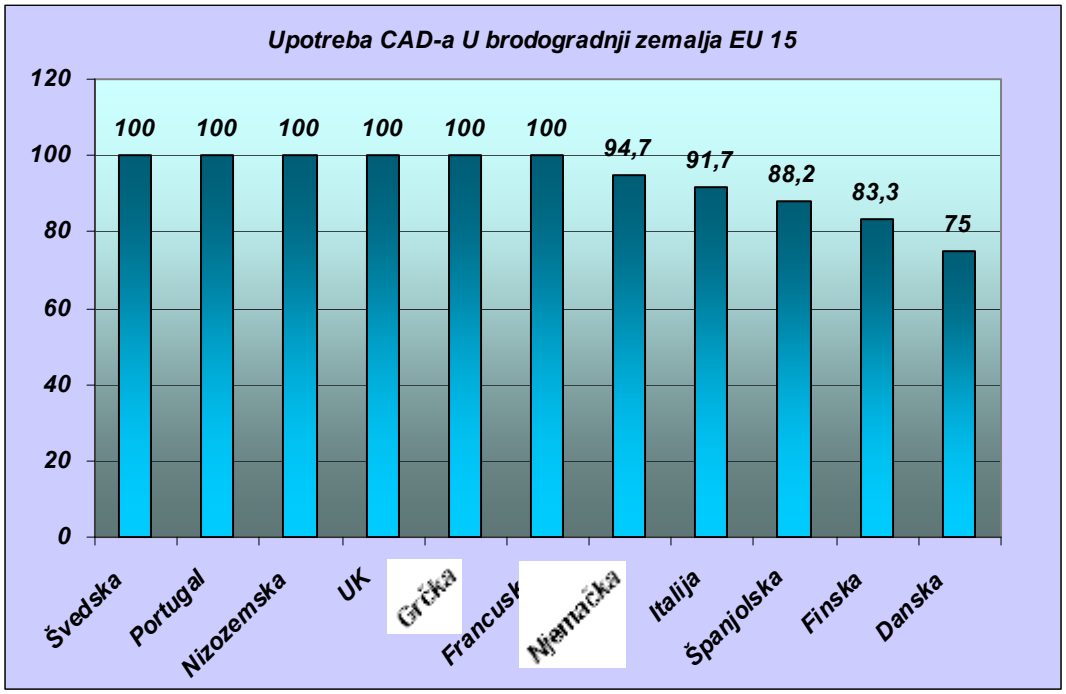
CAD (Computer Aided Design) - računalno potpomognuto konstruiranje - odnosi se na korištenje računala i računalnih tehnologija za potporu i pripremu konstrukcije uglavnom ograničeno na geometriju.

CAD / CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing)- računalno potpomognuto konstruiranje / računalo potpomognuta proizvodnja - odnosi se na integriranu upotrebu računala i računalne tehnologije za potporu cijelom ciklusu proizvoda, od projekta do izrade.

Model je prikaz objekta ili fizičkog sustava. Projektanti, inženjeri kreiraju i upotrebljavaju modele da bi na određeni način definirali proces, fizičku realizaciju dijela, sklopa ili konstrukcije. Modeli se najčešće upotrebljavaju za simulaciju, ispitivanje ili predviđanje ponašanja objekta ili fizičkog sustava.

Kompjuterizirani sustavi, uglavnom zahvaljujući svojim interaktivnim grafičkim sposobnostima, postali su korisni alat za kreiranje i manipulaciju geometrijskim modelima. Također su doprinijeli značajnom unaprjeđenju većine faza projektiranja, izrađujući mnogo bolje konstrukcije mnogo brže.

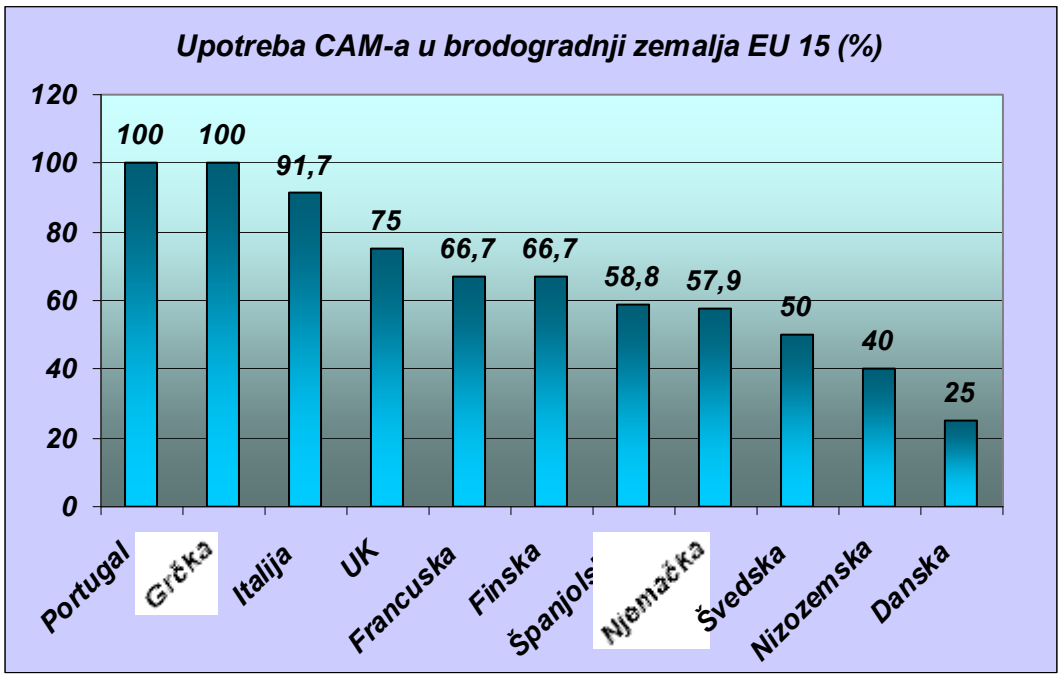
U dijagramima na slikama 32-34 prikazane su upotrebe CAD-a, CAM-a i CIM-a u % u zemljama članicama CESA-e iz EU 15.



Slika 32 Upotreba CAD-a u brodogradnjama zemalja EU u %

Konstruiranje, proizvodnja i potpora proizvodu uključuje povećani broj sudionika od kojih svaki zahtjeva različite, specijalizirane podatke i informacije koje se odnose na razvoj danog proizvoda. Svi oni moraju biti u mogućnosti efikasno djelovati i zato je vrlo važno da mogu razmjenjivati podatke o proizvodu u što kraćem vremenu. Geometrija koja je objekt CAD/CAM je samo dio informacija potrebnih za realizaciju proizvoda, Naročito kada se uzima u obzir životni vijek proizvoda. Potencijali informacijske

tehnologije u kombinaciji sa software-om omogućavaju realizaciju "Modela proizvoda" osiguravajući pregled svih popratnih informacija sa potpunim životnim vijekom proizvoda; konstrukcija, izrada, upotreba, održavanje. U brodogradnji se CAD alati koriste u svakom stadiju procesa konstruiranja i u ranoj fazi procesa proizvodnje.

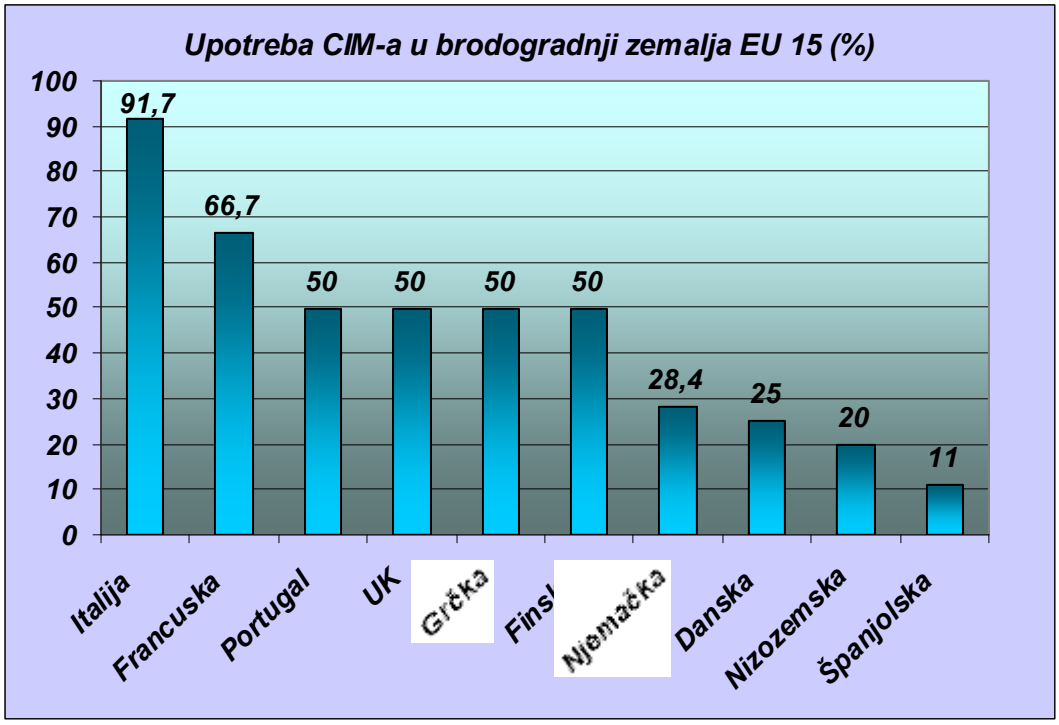


Slika 33 Upotreba CAM-a u brodogradnjama zemalja EU u %

CAE (Computer-Aided Engineering) - računalno potpomognuto inženjerstvo odnosi se na upotrebu računala i računalne tehnologije za potporu provjere osnovnih pogrešaka, analize, optimizacije, proizvodnosti itd. konstrukcije proizvoda. Analiza konačnih elemenata jedan je od primjera CAE-a.

CE (Concurrent Engineering) - konkurentno inženjerstvo - odnosi se na sustavni pristup kreiranju konstrukcije proizvoda uzimajući u obzir sve elemente ciklusa proizvoda od konceptualnog projekta do razmještaja, i definiranja proizvoda, proizvodnosti procesa i svih procesa u životnom ciklusu proizvoda.

CIM (Computer Integrated Manufacturing) - računalno integrirana proizvodnja - odnosi se na upotrebu računala i računalne tehnologije za potpuno integriranje svih proizvodnih procesa sa inženjerskim projektom.



Slika 34 Upotreba CIM-a u brodogradnjama zemalja EU u %

Virtualni prototipovi su "software-ska" inženjerska disciplina koja se bavi modeliranjem mehaničkog sustava, simuliranjem i vizualiziranjem njegovog 3D ponašanja u uvjetima rada u stvarnom svijetu i optimiziranjem projekta kroz iterativne projektne studije.

Virtualni model je pojam za izradu vjerne prezentacije fizičke stvarnosti.

Konstruiranje, uključujući planiranje i upravljanje postaje sve važniji čimbenik u opsegu i cijeni i cjelokupnom učinku na brodograđevni proces. Za suvremeni putnički brod to može predstavljati i preko 10% cijene cijelog projekta

Vrlo kratki rokovi isporuke, nametnuti od žestoke konkurencije i rapidnog širenja tržišta, još više naglašavaju potrebu za efikasnim projektom, planiranjem i upravljanjem. U mnogo slučajeva, vrijeme koje protekne od potpisivanja ugovora do isporuke, čak i najsloženijeg broda kao što je brod za kružna putovanja, može biti kraće od 30 mjeseci.

Standardi razmjene podataka

Kompleksniji tipovi geometrijskih podataka su postavili i pitanje integracije različitih sustava. Važan je napredak ostvaren početkom 80-tih pojavom IGES-a (eng. Initial Graphics Exschange Specification) kao univerzalnog translatora za prijenos geometrijskih informacija između različitih CAD paketa. Slijede pokušaji normizacije kao SET (franc. Standard D'Exchange et de Transfer) 1983. u Francuskoj, te VDA_FS (njem. Verband der Automobilindustrie-Flachen-Schnittstelle) u Njemačkoj. [21]

Dijeljenja i razdiobe istih podataka o nekom brodu za razne svrhe od strane većeg broja korisnika, pače i za nekoliko verzija istog broda istovremeno u razvoju, korištenjem različitih alata na više vrsta računala, zahtijevaju dugotrajne prilagodbe i predstavljaju stalne moguće izvore grešaka kod neizbježnih međudjelovanja više sudionika u projektiranju, gradnji, korištenju i održavanju. Poteškoće kojima su izloženi brojni sudionici različitih zahtjeva, potreba i iskustava u projektiranju, gradnji, održavanju i korištenju brodova, mogu se svladati samo vrlo učinkovitim postupcima objedinjavanja, dijeljenja i razmjene informacija, koje s jedne strane trebaju pogodovati raznim računarskim sustavima, a s druge strane, trebaju biti podobni i za sudionike koji se koriste tim informacijama. Ne može se smetnuti sa uma ni neprestana potreba za trajnim, dugotrajnim i sigurnim pohranjivanjem informacija i podataka i nakon što je brod ušao u službu, čak i na rokove duže od samog ukupnog životnog vijeka broda, koji put i do 30, 40, pa i više godina. Navedeni problemi oko proizvodnih modela brodova iziskuju primjenu nepristranih i jednoznačnih postupaka za opis broda kroz cijeli životni vijek, neovisno o nekim posebnim sustavima na brodu i oko njega. Primijenjeni postupci moraju pogodovati ne samo za svestranu razmjenu podataka već i za korištenje baza podataka proizvoda i njihovu trajnu raspoloživost. Sve su te teškoće u rukovanju podacima i informacijama prepoznate već i ranije, te postavljene u središte interesa međunarodnih normi ISO 10303: “Industrial Automation Systems – Product data representation and exchange”, predviđenih za prikaze, interpretacije i razmjene proizvodnih podataka primjenom računala, i to kroz cijeli vijek proizvoda. Drugo ime za ove norme je Standard for Exchange of Product model data (STEP). [21]

STEP je po općem cilju međunarodna norma iz više dijelova za prikaze i razmjene proizvodnih podataka, koji se razvija prema potrebama korisnika i prema tome je usmjeren na rezultate u upotrebi, a ne prema tehnologijama, što bi bio slučaj da njegov razvoj promiču razvojne ustanove. [21]

1982. godine nastaje jezik EXPRESS koji se oslanja i postavlja zahtjeve na informacijske baze koje odgovaraju informacijskom modelu. EXPRESS je dio kompleksnog sustava razvijenog za modeliranje i razmjenu podataka među različitim sustavima. Uz EXPRESS-jezik se razvija i UNIFIED MODELING LANGUAGE – UML – jezik koji je jezik za vizualiziranje, specificiranje, konstruiranje i dokumentiranje rezultata

procesa razvoja softvera kao i za modeliranje poslovnog sustava. Naglim razvojem Interneta, međunarodni konzorcij za normizaciju W3C (eng. World Wide Web Consortium, http://www.w3.org), je započeo proces razvoja proširenog jezika za definiranje sadržaja dokumenta koji bi kombinirao fleksibilnost i snagu SGML-a sa sve raširenijom prihvaćenošću HTML-a. Tako je nastao novi jezik, XML (eXtensible Markup Language) kao podskup SGML-a. [21]

2. RACUNALNA IZRADA I PROIZVODNJA U BRODOGRADNJI

Razvoj tehnologije proizvodnih sustava počinje sa automatizacijom, razvija se kroz fleksibilne proizvodne sustave i računalno integriranu proizvodnju i na kraju implementaciju inteligentnih proizvodnih sustava. Prihvaćeni su koncepti kao što su računalna proizvodnja ("digital manufacturing"), virtualna proizvodnja ("virtual manufacturing") i virtualno inženjerstvo ("virtual engineering"). Također su uvedeni slijedeći termini: digitalna brodogradnja ("digital shipbuilding"), virtualno brodogradilište ("virtual shipyard") i projekt temeljen na simulaciji ("simulation based design - SBD"). Tehnologija virtualne proizvodnje ima primjenu u raznim područjima brodogradnje i za nju se koristi mnogo različitih termina ovisno o aplikaciji i metodologiji.

Računalna proizvodnja je računalna tehnika za definiranje svih potrebnih koraka za izradu nekog proizvoda (predobrada materijala, predmontaža sekcija, sklapanje strojeva, montaža u suhom doku, ugradnja opreme), ispitivanje cjelokupnog proizvoda i generiranje uputa za strojeve potrebne za rad. Opće faze su: planiranje procesa, definiranje detalja i valjanosti procesa, modeliranje i simulacija resursa i izvlačenje proizvodnih podataka i uputa za rad.

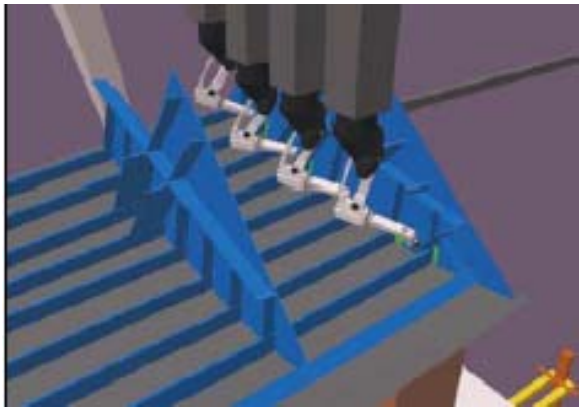
Računalna proizvodnja je tehnologija koja osigurava brz i učinkovit razvoj proizvoda i učinkovitu proizvodnju komponiranjem preciznog i integriranog računalnog modela sastavljenog od fizičkih i logičkih elemenata u proizvodnom procesu. Pri tom se iskorištavaju razne računalne tehnologije kao što su 3D CAD i simulacije za otkrivanje pogrešaka u ranim fazama i donošenje najboljih odluka tijekom cijelog proizvodnog procesa. Drugim riječima, uspoređujući sa tradicionalnim brodograđevnim procesom kod kojeg je redoslijed: projektiranje, gradnja, ispitivanje i popravljanje pogrešaka, virtualni proizvodni proces je projektiranje, provjera preko simulacije, potvrda i tek onda gradnja.

Brodograđevni proces, od narudžbe do isporuke, može se podijeliti u projektnu fazu i proizvodnu fazu. Projektna faza se dalje može podijeliti u ugovorni projekt gdje se pregovara sa brodovlasnikom, osnovni projekt gdje se primaju zahtjevi brodovlasnika i planiranje proizvodnje. Proizvodni proces uključuje predobradu, obradu, predmontažu, rano opremanje, antikorozivnu zaštitu, podizanje i montažu blokova na navozu, opremanje itd. Kod tradicionalnog brodograđevnog procesa obrada materijala i proizvodnja počinju prije nego je završeno projektiranje pa se očekuje dosta izmjena. Vrlo je teško standardizirati proizvodni proces.

Iz ovih razloga nemoguće je izraditi prototip za potvrdu valjanosti proizvoda. Zato se za dobivanje detaljnih informacija o proizvodu koriste gore navedene tehnologije.

Računalna brodogradnja se u širem smislu može definirati kao proces izvođenja cijelog brodograđevnog procesa od konceptualnog projekta do eksploatacije i održavanja preko računalnih modela i simulacija. Također se sa proizvodnog stajališta može definirati kao proces modeliranja brodograđevnog procesa i implementacije cijelog

proizvodnog procesa korištenjem integrirane baze podataka. Koji su ciljevi računalne proizvodnje i što pokušava ostvariti? Glavna tri cilja su: skraćenje vremena gradnje, dramatično smanjenje popravaka i dokazano veće iskorištenje radnih vještina.



Slika 35 Računalna simulacija zavarivanja ukrepa

Računalne tehnike su fokusirane na reduciranje mogućih proizvodnih rješenja, izbjegavanje netenhologičnih rješenja i ergonomski nesigurnih uvjeta, minimiziranje promjena redoslijeda u procesu i skraćivanje vremena potrebnih izmjena i neplaniranih radova u brodogradilištu. Pošto je u brodograđevnu industriju uključena i suradnja sa kooperantima, dobavljačima opreme i drugim brodogradilištima cilj je također i maksimizirati rano opremanje tijekom izrade sekcija trupa i na vrijeme dostaviti potrebne podatke dobavljačima. Na slici 35 je prikaz simulacije zavarivanja ukrepa iz brodogradilišta Fincantieri.

Digitalna brodogradnja, slično računalnim proizvodnjama u ostalim industrijskim granama, je proizvodna metodologija za potvrdu procedure, obavljanje raznih pokusa i uočavanje grešaka korištenjem računala i postojeće informatičke tehnologije. Pomaže pri donošenju odluka, osigurava potrebne informacije onima koji ih trebaju u pravo vrijeme i smanjuje potrebno vrijeme i troškove.. Osnovne tehnologije za digitalnu brodogradnju su informatičke tehnologije kao što su simulacije, CAD i vizualizacije.

Za praktičnu upotrebu virtualnog prototipa i SBD-a[22] potrebno je ispuniti određene tehničke uvjete; snažno računalo i brzi internet. Integrirani CAD/CAM/CAE je vrlo bitan element u simulaciji gdje treba obuhvatiti cijeli spektar projekta broda. Konvencionalni CAE programi osiguravaju direktnu povezanost sa proizvodnim modelom.

U ovom poglavlju će se govoriti posebno o virtualnim modelima, računalnom prikazu objekta i brodograđevnog procesa. Također će se dati prikaz razvoja primjene računalne tehnologije u pojedinim brodograđevnim sredinama.

[22] SBD, (eng. Simulation based design), projekt temeljen na simulaciji

2.1 Razvoj digitalne brodogradnje u pojedinim brodograđevnim sredinama i zemljama

U zadnje vrijeme mnoge vlade financiraju istraživanja u cilju promjene brodograđevne industrije iz djelatnosti gdje dominantnu ulogu ima rad i iskustvo u industriju visoke tehnologije temeljene na znanju o naprednoj informatičkoj i računalnoj tehnologiji.

Sjedinjene Američke Države su pokrenule 1994. godine program SBD - simulation based design, sa ciljem razvoja sustava projektiranja koji može reducirati troškove i vrijeme i smanjiti rizik za potrebe brodogradilišta ratne mornarice. Program se razvijao kroz nekoliko faza. Tehnologije korištene u ovim razvojnim procesima kasnije su komercijalizirane. Uslijedile su izvedbe u brodogradilištu BIW 2000. godine: simulacija korištenja dizalica, plovnog doka, instalacije i uklanjanja proizvodne opreme, kretanja vozila službi za spašavanje putovima kroz brodogradilište i izvlačenje osoba kroz evakuacijske prolaze na brodu. [24]

Virtual Reality Laboratory (VRL) sveučilišta u Michiganu radio je istraživanja o primjeni virtualne realnosti kao "uronjene" VR. Ova su istraživanja uključivala i tzv. "walk-trough" strukturalni model, simulacije nesreća i vježbi. Projekt se odnosio na izrade virtualnih prototipova, VR simulacija ponašanja broda na valovima i virtualnih simulacija brodograđevnog proizvodnog procesa. [18]

Europa je tradicionalno vodeća u uvođenju novih tehnologija u brodogradnji. Pomorski orijentirane organizacije, u prvom redu norveško klasifikacijsko društvo "Det Norske Veritas", predvodile su međunarodni projekt ESPRIT (European Strategic Program for Research and Development in Information Technology). Glavni cilj je razvoj infrastrukture pomorskih sustava nove generacije temeljen na proizvodnom modelu broda i zadržati vodeće mjesto u pomorskoj tehnologiji u svijetu kroz internu standardizaciju i komercijalizaciju rezultata projekta. [25]

Japan nastoji na razini vlade zadržati stalni tehnološki napredak i konkurentnost u svim industrijama pa tako i u brodograđevnoj industriji. Pod vodstvom SOF-a ("Ship and Ocean Foundation"), pokrenut je projekt CIMS ("Computer Integrated Manufacturing for Shipbuilding" - računalno integrirana proizvodnja u brodogradnji), nakon kojeg je slijedio GPME ("General Product Model Environment") za dobivanje tehnologije za stavljanje CIM modela broda u praktičnu uporabu. GPME, napredni CIM i LINKS projekt za implementaciju virtualnog brodogradilišta spojeni su pod jednim konceptom.

Brodograđevna industrija u Južnoj Koreji vodeća je u svijetu po količini gradnje, ali u kvaliteti tehnologije dugo je zaostajala za Europom i Japanom. Južna Koreja je od 1996. godine pokrenula projekt CSDP ("Computerized Ship Design and Production system") vođen od strane korejskog instituta za istraživanje pomorske i brodograđevne tehnike KRISO ("Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering") za razvoj brodograđevne tehnologije temeljene na CIM-u. Vrlo brzo i uspješno su razvili računalni brodograđevni proizvodni sustav CALS/EC. [1]

Integracija brodograđevnog procesa u biti se sastoji od osiguravanja besprijekornog informacijskog toka između raznih stadija projektiranja, konstruiranja, planiranja i proizvodnih procesa tj. integracija konstrukcije sa proizvodnim aktivnostima. 3D model daje mogućnost da imamo sve vrste geometrijskih ili materijalnih podataka koje će obaviti proizvodni strojevi (podatci o rezanju limova, rezanju i savijanju cijevi). Funkcija planiranja proizvodnje je osigurati da svi uvjeti uspješne brodograđevne proizvodnje budu ispunjeni. To znaci da građevno mjesto, dostatni ljudski resursi, alati, materijal i radionička dokumentacija budu na raspolaganju u pravo vrijeme. Tu je uključena i koordinacija sa kooperantima.

Koordinacija toka materijala jedna je od najvažnijih zadaća planiranja proizvodnje. Ona započinje prije ugovora kada se donese odluka o nabavi većine brodske opreme i odražava se na redoslijed proizvodnje kao i redoslijed projekta. Gradnja broda je veliki raspon aktivnosti gdje je međuovisnost između različitih poslova vrlo opsežna i složena. Vrlo su velike razlike od novogradnje do novogradnje.

Virtualno brodogradilište tj. virtualna simulacija brodograđevnog procesa je alat za integraciju i upravljanje stvarnim brodogradilištem. Model brodogradilišta je integriran zajedno sa proizvodnim modelom broda koji sadrži sve informacije koje se odnose na brod u istoj bazi podataka. Primjer modela je prikazan na slici 36. Ta kombinacija osigurava snažni alat za koordinaciju mreže dobavljača, kooperanata i resursa brodogradilišta.



Slika 36 Model virtualnog brodogradilišta [26]

2.2 Računalni prikaz objekta - "Virtualni brod"

Definicija proizvoda je postala presudna za brodogradilište, brodovlasnika, klasifikacijsko društvo i kooperante. Uobičajeni dokumenti ugovora inicijalno su dovoljni, ali kad se odrede svi sustavi i prostori na brodu potrebno je što je prije moguće adekvatno izraditi model.

3D računalni modeli počeli su se koristiti da bi zamijenili postojeće plastične modele. Većina modela i tehnika modeliranja je specifična za konstrukciju strukture ili opreme.

Koordinacija između različitih strana mora biti protočna i učinkovita da zadrži postavljene rokove. Svi moraju razumjeti finalni proizvod na isti način u skladu sa zahtjevima brodovlasnika. To nije jednostavno. Uvodi se tzv. 4D model u najranijoj fazi projektiranja, što općenitiji, da bude prikladan za različite aktivnosti u brodograđevnom procesu. Virtualna realnost je postala ključna stvar procesa. Četvrta dimenzija 4D modela je projektno-procesno vrijeme.

Prvi VR model broda, prikazan na slici 37, napravljen je u ljeto 1998 za vanjski izgled putničkog broda za kružna putovanja. Prvi testovi su se pokazali više nego uspješni i brodogradilište je zatražilo pripremu cijelog VR modela uključujući unutrašnjost, sve prostore predviđene za putnike i prostore za posadu. Glavni je cilj bio vizualizirati dizajn unutrašnjosti. Svima kojima je projekt prezentiran bilo je jednostavno razumjeti specifična svojstva broda. Bilo je također zanimljivo vidjeti kolikom lakoćom i brzinom se mogu pripremiti i usporediti alternativna rješenja tijekom prezentacije.



Slika 37 Prvi VR model broda [18]

Došlo se do slijedećih zaključaka

- Broj potrebnih radnih sati sa izradu virtualnog modela nije veći od broja radnih sati potrebnog za pripremu tipičnih nacrta a i nacrti se mogu izvući izravno iz modela.
- Vizualna prezentacija bilo koje nove ideje, prostora i razmještaja je jednostavna i mnogo učinkovitija nego sa crtežima.
- Prezentacije i zajednički susreti sa brodovlasnikom, brodogradilišta, projektanta, konzultanata, kooperanata su znatno pojednostavljeni. Postalo je moguće putovanje kroz i okolo virtualnog broda.
- Različita druga rješenja mogu se prikazati na zaslonu u isto vrijeme tj. virtualni prolaz kroz oba razmatrana broda.
- Manje promjene je bilo moguće napraviti na licu mjesta na sastancima vezano za boje, svjetlost, namještaj, razmještaj, strukturu, opremu itd. Veće promjene su zahtijevale dulji rad.
- Vidljivost promjena i alternativa je trenutačna pa i donošenje odluka postaje lakše i vjerodostojnije, slika 38.
- Funkcionalnost prostora se može lakše provjeriti izvođenjem simulacija u virtualnom modelu iskorištavajući efikasne simulacijske mogućnosti. Npr. simulacija podizanja ro-ro palube, sve operacije rukovanja s teretom i prtljagom, simulacije ukrcaja i evakuacije putnika.

Model se može spojiti preko simulatora virtualne navigacije sa modelom luke u koju dolazi i sa matematičkim modelom manevarskih karakteristika broda. Sve je to moguće obaviti prije potpisivanja ugovora sa samo jednim modelom. Konzistentnost i koordinirana obnova informacija ovog jedinstvenog modela može pomoći da se izbjegnu mnogi tipični nesporazumi i pogreške u ranijim stadijima.

Detaljno dobro definirani VR proizvodni model kao dokument ugovora novogradnje omogućuje brzi početak za koordinaciju, konstruiranje, nabavu i fazu planiranja odmah nakon potpisivanja ugovora. Smanjuje rizik od modifikacija štedeći i radne sate i vrijeme.

Osnovni projekt brodske strukture radi se na temelju modela i informacije mogu biti dostupne svima. Svi brodski sustavi također mogu biti izrađeni u modelu uključujući i karakteristike sustava i rezervacije važnih prostora za cijevi, prolaze, kabele. Model, kompletiran sa cjevovodima, prolazima, glavnim dijelovima, opremom i sustavima, formira temelj za detaljni plan proizvodnje i radioničku dokumentaciju.



Slika 38 Donošenje odluka Pomoću virtualnih modela [20]

2.3 Računalni prikaz brodograđevnog procesa - "Virtualno brodogradilište"

Virtualni modeli broda mogu također biti temelj za simulacije procesa koje se zahtijevaju za specifični projekt. Na primjer, može se izraditi model brodogradilišta i zatim napraviti simulacija procesa predmontaže sekcije trupa, opremanja blokova trupa i stadija gradnje u suhom doku kontrolirajući kritične faze, potreban prostor, tok materijala itd. Simulacija zahtjeva sljedeće korake:

1. Kompletni 4D virtualni model proizvoda uključujući strukturu, glavne cjevovode, prolaze itd.
2. Virtualno brodogradilište sa svim proizvodnim linijama, dizalicama, prostorom za opremanje itd. mora biti modeliramo.
3. Proces gradnje tada može biti simuliran.

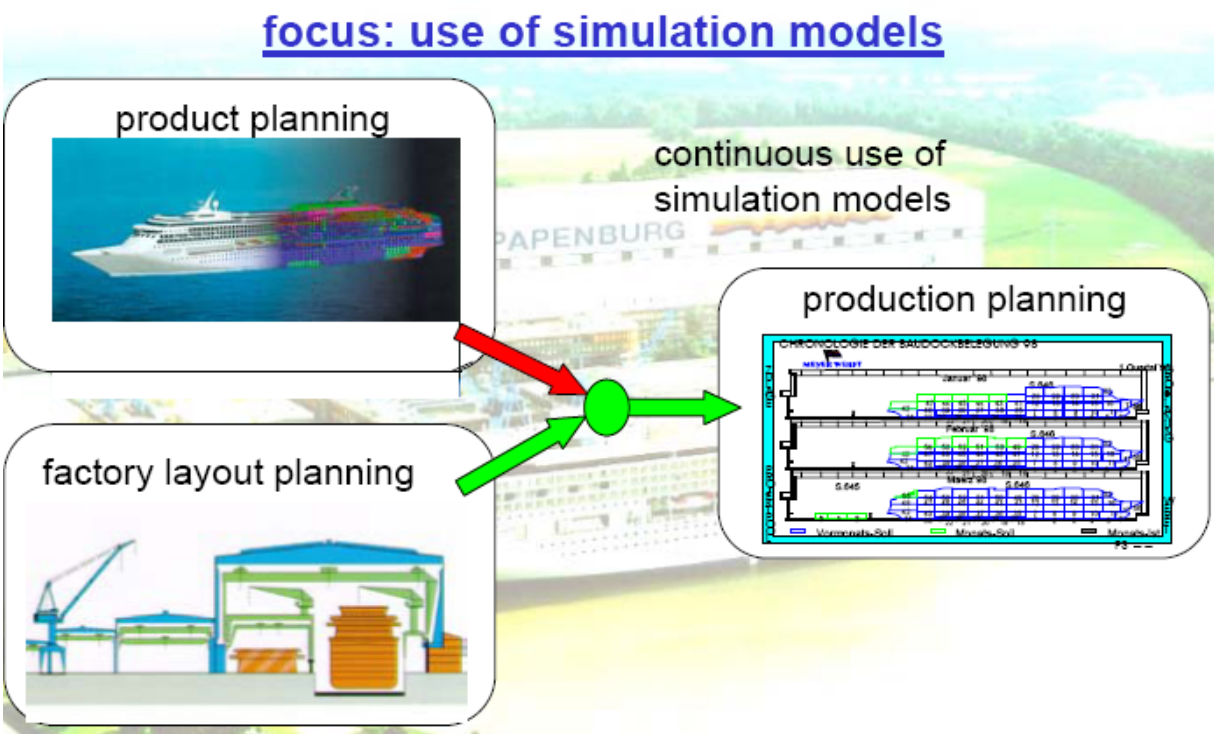
Prednosti simulacije brodograđevnog procesa uključuju:

1. Varijacije se mogu razmatrati na transparentan način.
2. Sve strane uključene u proces mogu brzo razumjeti proces i sve njegove specifičnosti.
3. Vrlo lako se demonstriraju efekti opremanja trupa, zahtijevana površina za opremanje itd.

Glavna pogodnost je ta što se adekvatni tehnički podaci i upute za proces ugradnje opreme dobiju prije nego li je potpisan sporazum, dopuštajući detaljniji projekt i raniju nabavu.

Planiranje redoslijeda i potrebnih alata za proizvodni proces može se povezati sa 4D virtualnim modelom proizvoda. Sve promjene u redoslijedu idu usporedno s promjenom na modelu. Moguć je snažniji sustavni pristup projektu novogradnje broda.

Za brod za kružna putovanja ukupni broj radnih sati potrošen na projekt može se razlikovati i do 100 000 sati ovisno o razini i kvaliteti osnovnog projekta. U američkim dolarima to može iznositi do 10 milijuna dolara. Učinak propisnog korištenja VR modela proizvoda od prvih faza projekta vodi do još većih ušteda. Projektne aktivnosti gledajući ukupne troškove novogradnje imaju udio od otprilike 10%, i efekti uštede protežu se kroz cjelokupni brodograđevni a proces ne samo projektiranje. [17]



Slika 39 Shema korištenja simulacijskih modela u montažnom brodogradilištu Meyer Werft [17]

2.4 Koraci računalne brodograđevne proizvodnje prema IBM PLM Solutions [14]

Da bi se potpuno iskoristile mogućnosti koje pruža virtualni brodograđevni proces potrebno je provesti određene korake. Prvi je opće planiranje procesa gdje se izrađuje redoslijed procesa prikazan u procesnom grafu, zadaju proizvodna ograničenja, analizira se i definira raspoloživost i raspored resursa, izradi analiza vremena, usvoji proizvodni koncept i definira oprema čime su ispunjeni uvjeti za simulaciju procesa. Drugi korak je unos detalja i procjena valjanosti procesa. Tu se osigura finalno pozicioniranje svih dijelova i sklopova, simulira se rad strojeva i robota te rad čovjeka i dobiju se rezultati po kojima se može vrednovati proces na temelju utroška sredstava i vremena te analizirati može li se na koji način proces poboljšati. treći korak je generiranje proizvodnih podataka i uputa za rad. U daljnjem tekstu će se detaljnije definirati svaka od navedenih faza.

2.4.1 Planiranje procesa

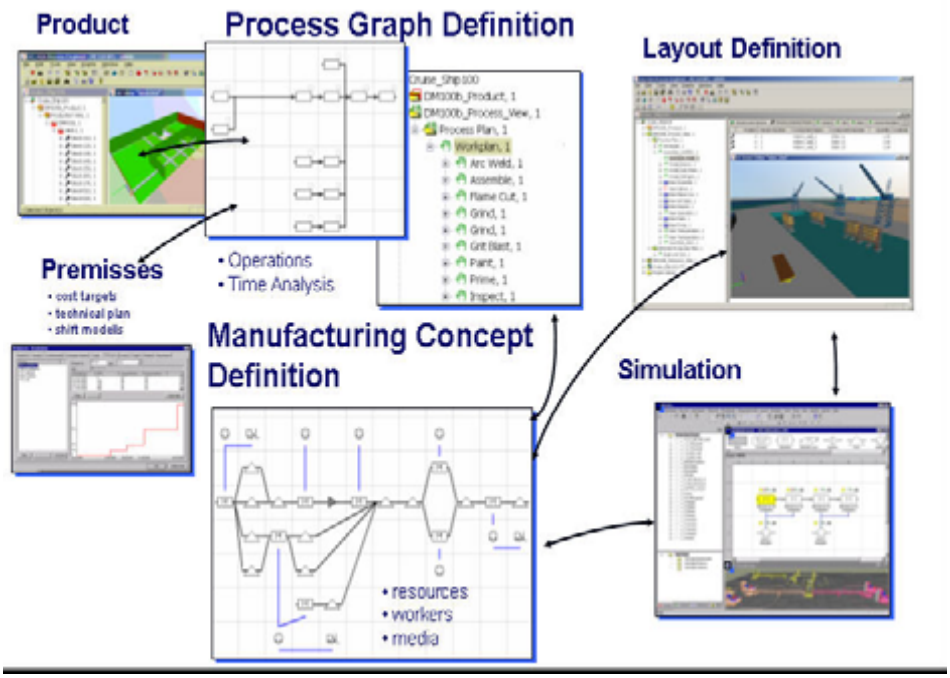
Prvi korak računalne proizvodnje je planiranje procesa. Modeli proizvoda konstruirani i detaljizirani u ranijim koracima od strane brodograđevnih inženjera dolaze kod planera proizvodnje. Konstrukcije velikih struktura čeličnih blokova moraju se razbiti u dijelove i definirati korake za njihovu izradu. Redoslijed je obuhvaćen u procesnom grafu. Sve se prikazuje u 3D digitalnoj okolini. Ograničenja i zahtjevi zadaju se različitim operacijama u procesni graf. Mogu biti vezani za vremenske rokove, troškove ili ograničenja vezana za radnu snagu i dostupnost strojeva. Shema je prikazana na slici 40.

Na primjer, unutar jednog strukturalnog bloka za montažu, mora se nekoliko sklopova završiti do određenog datuma. Datum se može odrediti prema dostupnosti robota za zavarivanje ili nekog drugog stroja ili transportnog sredstva u tehnološkom procesu. Kada je završen procesni graf, izvedena je početna procjena rokova proizvodnje. Donose se inicijalne procjene i identificiraju uska grla.

U kasnijoj fazi, procesni inženjeri će unaprijediti originalni model proizvoda (u ovom primjeru blok strukture trupa) i dodati proizvodne značajke poput raskroja elemenata, pripreme zavara i sl. kao ispunjenje zahtjeva proizvodne opreme koja će se koristiti i redoslijeda spajanja.

Planiranje procesa je iterativni proces. Konačni rezultat je jako poboljšana i optimizirana definicija proizvodnog koncepta gdje su uklonjena uska grla, eliminirani suvišni koraci u procesu, te oprema i površine korišteni na optimalan način.

Računalni proces gore opisanih radnji potpuno zamjenjuje tradicionalni proizvodni proces zasnovan na fizičkom modelu i prototipu. On obuhvaća i nanovo koristi najbolja rješenja i nameće ograničenja kao što su kapaciteti dizalica u pojedinim specifičnim područjima. Rezultat za brodogradilište je značajno smanjenje vremena i troškova uz povećanje kvalitete.



Slika 40 Shema planiranja procesa [14]

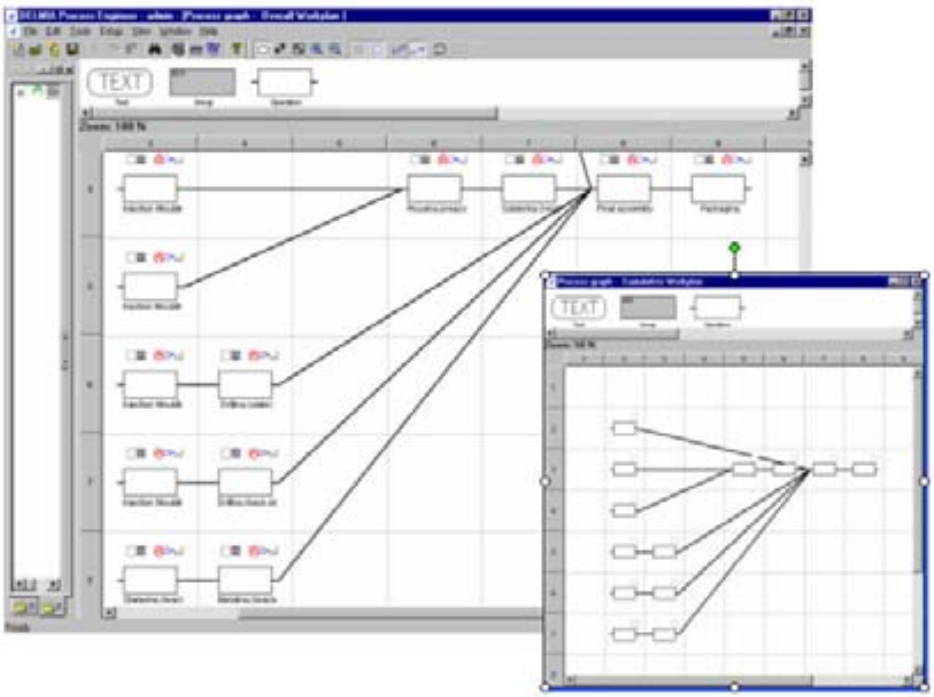
Planiranje redoslijeda proizvodnje

Velike sekcije se razbijaju u sklopove. Virtualna sekcija je "dekonstruirana". Namjera je kreirati strategiju montaže zasnovanu na hijerarhiji dijelova i sklopova - koji su dijelovi potrebni za izgradnju slijedećeg sklopa. S obzirom da je izgradnja blokova jedna od najčešćih aktivnosti i zauzima najviše resursa u brodogradilištu, ona najbolje ilustrira proces i pokazuje pogodnosti računalne proizvodnje. Proizvodni timovi ulaze u prethodno konstruirani blok i izrađuju procesni dijagram ili graf koji pokazuje glavne korake potrebne za njegovu izgradnju. U ovoj fazi naglasak je na podjeli koraka i identifikaciji koji su elementi trenutno u proizvodnji. Mala je pozornost pridana tome kako će se proizvod izraditi, nego samo što treba biti napravljeno i po kojem redoslijedu.

U fazi projektiranja konstrukcije naglasak je bio na definiranju dijelova, standardizaciji, pravilima i propisima registra i ispunjavanju zahtjeva naručitelja. Obje ove faze koje se obavljaju u projektnom i proizvodnom središtu povezane su linkom koji daje istovremeni uvid bez dupliranja podataka. Tijekom procesa projektiranja nijedan dio ili značajka za proizvodnju nije dodan.

Procesni graf

Računalna proizvodnja je dio koraka procesnog planiranja koji rastavlja proizvodni sklop na korake potrebne za njegovu izgradnju. Procesni graf prikazan na slici 41 daje pregled redoslijeda operacija, prioritetne zahtjeve i prikazuje potrebno vrijeme temeljeno na ograničenjima. Inicijalni shematski dijagrami su napravljeni da pokažu idealni raspored resursa, uključujući strojeve i radne prostore. Stvarne značajke i položaji opreme se dodaju što rezultira definiranjem proizvodnje i proizvodnim procesom.



Slika 41 Prikaz procesnog grafa [14]

Procesni graf služi kao praktični način za vizualiziranje složenog rasporeda gradnje. Oni nalikuju na hijerarhijsku podjelu proizvoda ali umjesto označavanja u kakvom su geometrijskom odnosu dijelovi i sklopovi, grafovi definiraju redoslijed. Graf je model buduće proizvodnje ali još se ne razmatra o potrebnoj opremi i operacijama dostupnima u brodogradilištu. Procesni graf prikazuje dijelove i zadatke po redoslijedu ili u grupama te prema tome radi plan. Sljedeći korak je dopuna grafa unošenjem proizvodnih ograničenja.

Proizvodna ograničenja

Gradnja broda je uvijek ograničena troškovima, cijenom proizvodnje, isplaniranim rokovima i utvrđenim rasporedom, raspoloživim prostorom, strojevima za zavarivanje, rezanje, pjeskarenje i antikorozivnu zaštitu, kapacitetom i brojem dizalica. Da se prikažu ove činjenice, osigurana je posebna radna stanica koja definira spomenute pretpostavke. Cilj je simulirati stvarnu proizvodnju što je moguće vjernije. Pretpostavke su vrijednosni podaci kojima se zadaju ograničenja neke stavke ili postavljaju ciljevi kao npr. iskorištenje sredstava. Te pretpostavke igraju ulogu kasnije kada su izvedeni rasporedi i simulacije. ograničenja uključuju raspoložive površine radionica, maksimalne troškove, cijenu radne snage, ključni rokovi i sl. Pretpostavke se postavljaju na računalu u proizvodnom središtu. Za procjenu količine vremena za proizvodnju, potrebno je procijeniti vrijeme za svaku pojedinu operaciju.

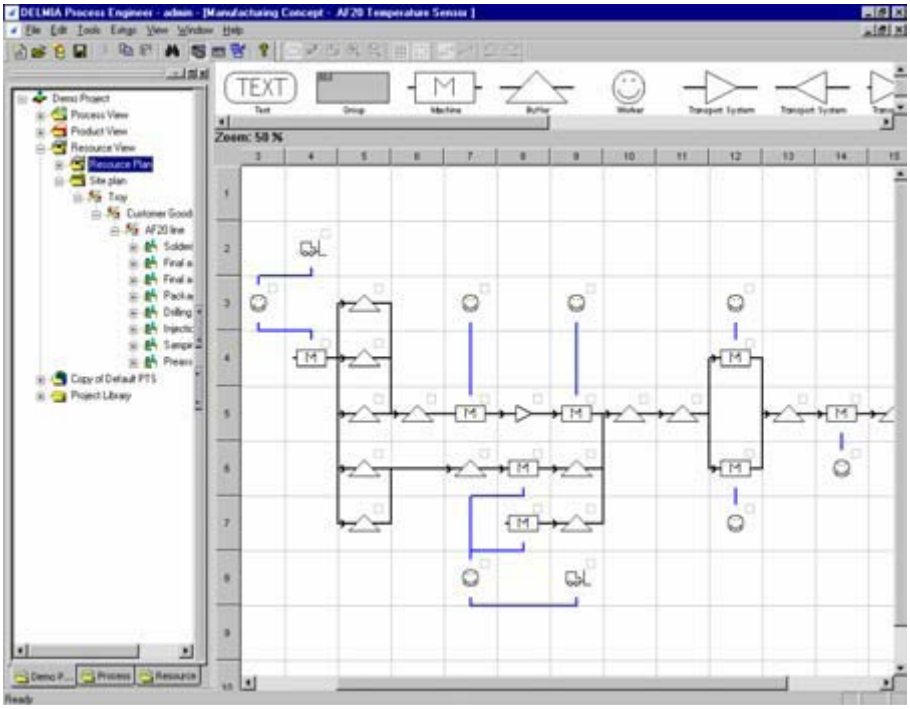
Analiza vremena

Vrijeme je vjerojatno najvrjedniji resurs kod gradnje broda. Većina brodogradilišta vrlo pomno kontroliraju trajanja pojedinih operacija. Ovi podaci su neprocjenjivi orijentiri kod procijene trajanja novog projekta. Raniji koraci u procesu planiranja definirali su dijelove sekcije, grafički prikazali pojedine zadatke i uveli ograničenja. Korištenjem međunarodno prepoznatljivog vremenskog standarda poput MTM, ili posebnog vremenskog standarda pojedinog brodogradilišta, stanica za mjerenje vremena definira vrijeme kao resurs za radni proces i dovršenje određenog zadatka. Mogući su izvještaji za procijenjeno vrijeme i vrijeme procesa, koristeći razne metode. Ovdje se operacije i faze procesa definirane u procesnom grafu kombiniraju sa individualnom procjenom vremena te se kreira realna slika o trajanju izrade određenog proizvoda i trajanje svake pojedine operacije. Tipične jedinice za prikaz vremena su radni sat, radni dan, vremenski kalendar operacija u brodogradilištu, obrtni ciklusi strojeva itd. Kada je vrijeme jednom definirano i obilježeno u procesni graf, spreman je generalni proizvodni koncept.

Proizvodni koncept

Procesni graf se ponovo koristi kao kralježnica za kreiranje slijedećeg koraka u planiranju procesa: proizvodnog koncepta. Zadatak proizvodnog koncepta je otkriti proizvodne resurse za kreiranje grafičkog pregleda proizvodnog sustava koji uključuje proizvod, proces i resurse Proizvodni koncept prema slici 42 je shematski raspored koji proizlazi iz umetanja resursa u aktivnosti u procesu. Uključuje aktivnosti za sve procese

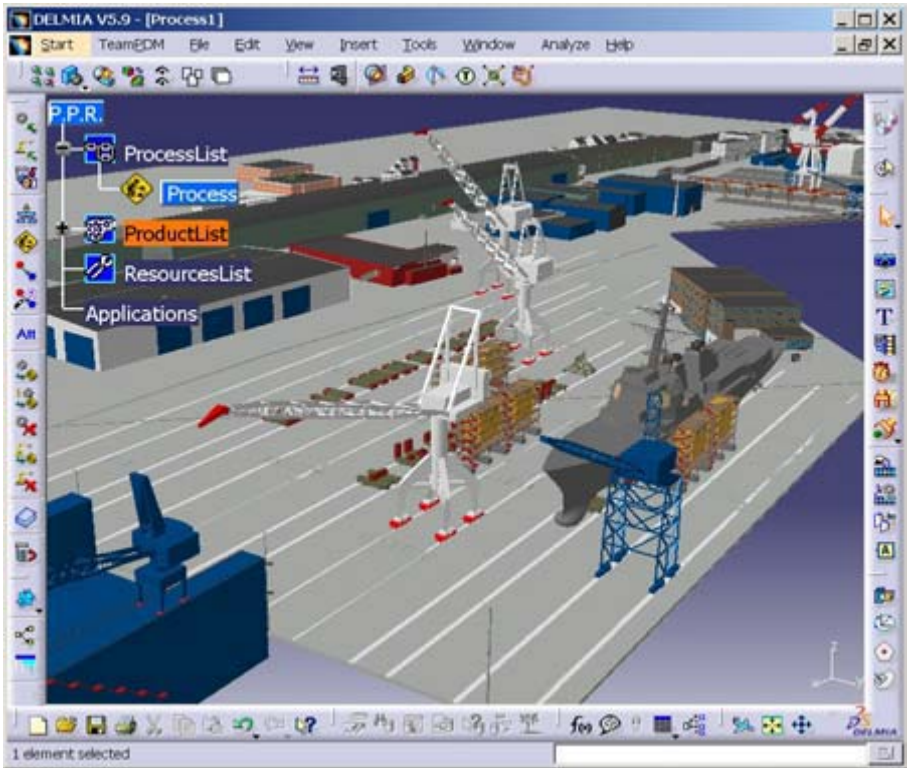
i resurse zahtijevane za proizvodnju. Veze između objekata mogu biti naslijeđeni iz procesnog grafa i mogu se dodati nove veze. Proizvodni koncept također uključuje planiranje ljudskih resursa. Proizvod, proces i resurs spojeni su zajedno u jedan logički redoslijed vremenskih događaja gdje su protok materijala, proračunski troškovi i iskorištenje opreme sagledani skupa. Proizvodni koncept je središnjica iz koje se definiraju sve ostale podoperacije i na kojoj se temelje simulacije. Kreira se više proizvodnih koncepata da bi se procijenile i vrednovale alternative u proizvodnji.



Slika 42 Prikaz dijela proizvodnog koncepta [14]

Definiranje rasporeda

Proizvodni koncept proizvodi shematski raspored - logički blok dijagram sa koracima potrebnim za dobivanje proizvoda. Ipak, brodogradilišta su ograničena praktičnim karakteristikama kao što su raspoloživa radna površina, trenutna lokacija opreme (roboti, strojevi za zavarivanje i rezanje, savijači cijevi, strojevi za pjeskarenje i antikorozivnu zaštitu itd.) i transportni sustav uključujući dizalice. Radna podloga za planiranje rasporeda koristi se za pretvaranje blok dijagrama u 3D prikaz koji reflektira aktualne resurse u brodogradilištu (slika 43).

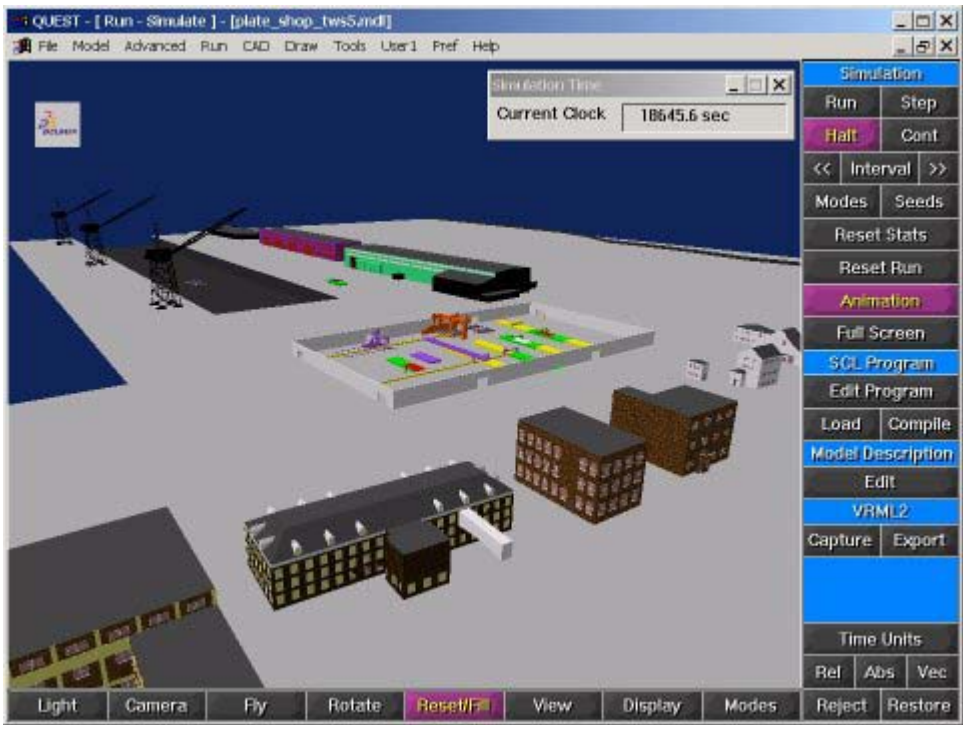


Slika 43 3D prikaz nakon definiranja rasporeda resursa u brodogradilištu [14]

Radna platforma za planiranje rasporeda prepravlja definirani raspored dodavanjem planova površine, nacrte opreme i prostora za skladištenje materijala. Rezultat je raspored resursa, 2D i 3D pogled radnih mjesta, nacrti i rasporedi dizalica i građevnih mjesta. Radna platforma za planiranje rasporeda daje popis proizvodne opreme i podržava definicije "virtualne opreme" za slučaj "što ako?". Planiranje rasporeda obogaćuje proizvodni koncept do točke kreiranja potpunog računalnog definiranja proizvoda, procesa i resursa. Kasnija analiza proizvodnje i simulacija osigurava dobre rezultate potvrdom vremenskih rokova i kontrolom troškova.

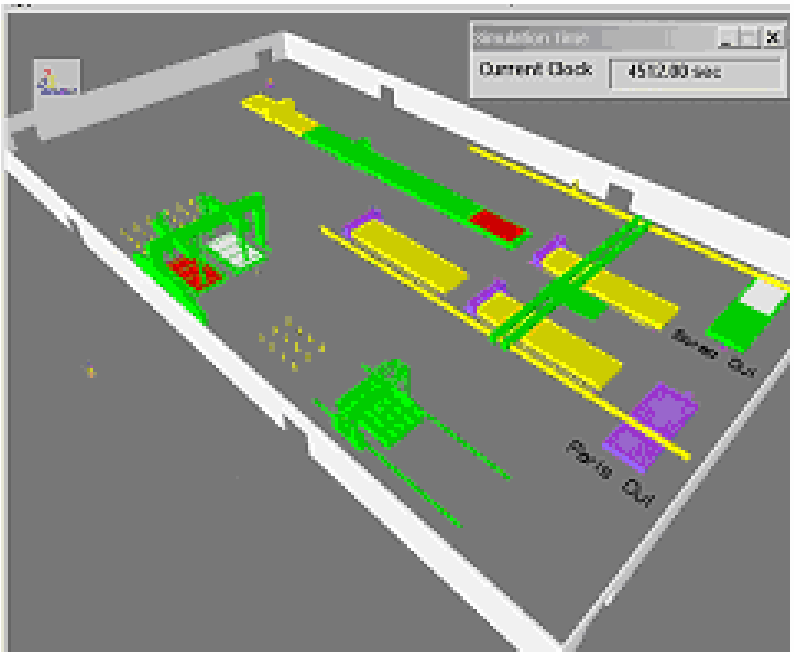
Simulacija operacija

Glavna pogodnost virtualne proizvodne okoline je mogućnost analiziranja proizvodnog scenarija i troškova izmjene kapaciteta gradilišta, promjene lokacije resursa, rasporeda i integriranja proizvodnih timova. U začecima ove tehnologije većina brodogradilišta je postigla optimalne rezultate u malim lokaliziranim proizvodnim procesima.



Slika 44 Prikaz simulacije [14]

Računalo obavlja simulaciju kao kombinirane analize i vizualizacijska radna stanica osigurava stohastičku analizu kombiniranjem mogućnosti svih događaja u tijeku procesa. Osigurava realistično predviđanje mogućnosti radionice i potrebnog vremena te identificira uska grla i generira izvješća o mogućem iskorištenju pojedinih prednosti. Korisnik definira uobičajeni rad i pokrete procesnih strojeva, ljudi i materijala. Redoslijed između koraka u proizvodnji koji ovise jedan o drugom mogu se povezati zajedno u svrhu vrednovanja i vizualizacije utjecaja odluka na tijek procesa.



Slika 45 Prikaz simulacije brodograđevne radionice [14]

Software osigurava alat za programiranje simulacije, analizu tijeka procesa, statističke izvještaje i vizualni prikaz.

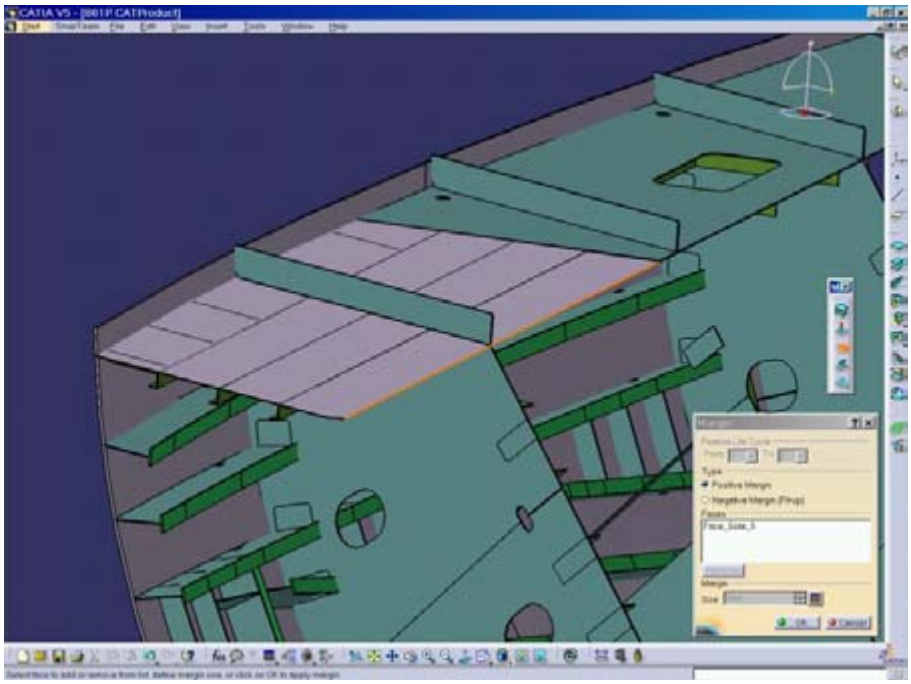
Procjena vremena i ograničenja (datumi, dostupnost opreme itd.) se dodaju što rezultira kao visoko strukturirana baza podataka dovoljna za simulacije pojedinih operacija i simulacije proizvodnosti poslova. Potpuna računalna simulacija proizvodnog procesa identificira uska grla i dozvoljava planerima procesa pokusnu osnovu za isprobavanje određenih scenarija u svrhu osiguravanja dodatnog vremena i troškova za alternativne planove, drugačiju upotrebu opreme i strojeva, alternativne rasporede radnih površina ili čak izmjene i modifikacije dijelova strukture. Ovo planiranje ostvaruje visoku razinu optimizacije procesa. Na slici 45 je dan prikaz simulacije brodograđevne radionice. Sljedeći korak je dodavanje proizvodnih detalja i potvrda da se pojedinačni poslovi mogu izvesti na predviđeni način.

2.4.2 Uvođenje detalja i potvrda valjanosti procesa

Ovaj korak se sastoji od definiranja svih detalja proizvoda, kretanja pojedinih dijelova, detekcije slobodnog prostora i moguće kolizije te modeliranja i simulacija resursa.

Veliki dio brodogradnje uključuje pokretanje, pozicioniranje, uvršćivanje i završne radove (zavarivanje, bojanje, pjeskarenje) na teškim dijelovima. Pozicioniranje dizalica i kranova, planiranje teških dizanja i okretanje oplate zbog grijanja ili savijanja zahtjeva precizno pozicioniranje.

Na projektnom nivou, velika je pozornost posvećena eliminaciji interferencije u kompletiranom bloku opreme. računalni sustavi koriste znanje o pravilima rješavanja najsloženijih slučajeva. Oprema mora biti u funkciji, održavana i popravljana. Na proizvodnoj razini, dovođenje dijelova u njihov finalni položaj često je problematično i jako ovisi o redoslijedu. Što sklop postaje veći, ostaje manje kombinacija i mjesta za njegovo pozicioniranje. Studije kretanja, otkrivanje sudara i definiranje slobodnog prostora tada su vrlo važni.



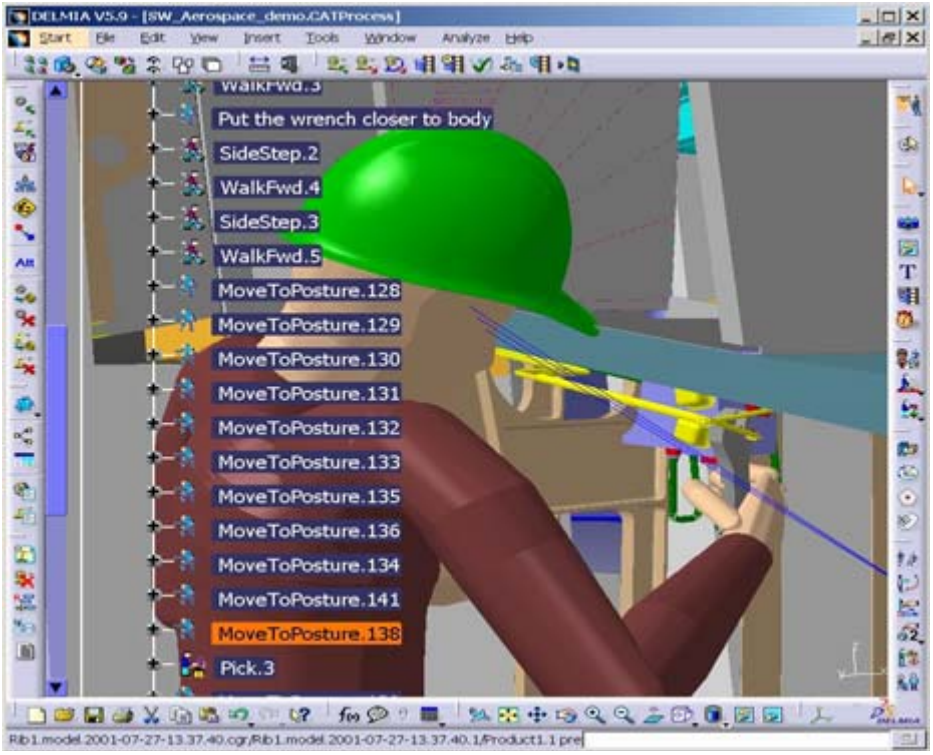
Slika 46 Prikaz dijela proizvoda sa definiranim detaljima [14]

Radna platforma za montažu analizira ovu dinamiku (dijelovi, redoslijed, vrijeme i kretanje) i osigurava da finalno pozicioniranje svih dijelova i podsklopova bude moguće. Pregledavanje simulacije dopušta proizvodnim inženjerima da u digitalnom mediju proučavaju i unaprijed optimiziraju svaki korak procesa.

Najveća dobit od digitalne proizvodnje postiže se kada se cjelokupan proces može optimizirati, nepotrebni poslovi ukloniti i resurse uključujući rad, površinu i strojeve maksimalno iskoristiti sa što kraćim vremenskim ciklusima. Ljudski faktor i analize radnih uvjeta također mogu stvoriti mnogo sigurnije radno mjesto.

Simulacija rada čovjeka

U mnogo situacija u proizvodnji, raspored radnog prostora i radni uvjeti igraju ključnu ulogu. Ljudska simulacija je moguća u svakoj fazi projekta, proizvodnje, ugradnje, operacija i održavanja (slika 14). Radni uvjeti su važni kod rada na strojevima i premještanja opreme. Na proizvodnoj razini, priprema radnog mjesta, pristup području sklopa i sl. je vrlo važno. U ekstremno uskim prostorima sposobnost radnika da obavi zahtijevani posao može imati utjecaj na projektiranje prostora.



Slika 47 Prikaz simulacije rada čovjeka [14]

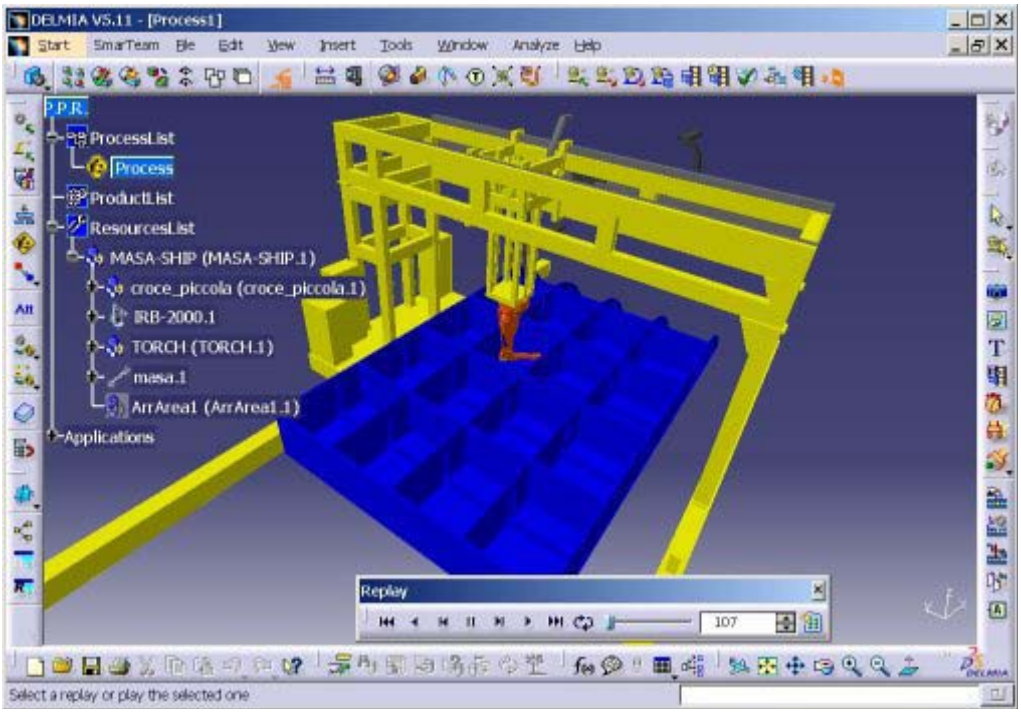
Ljudski modeli su promatrani resursi u PPR modelu. Definirani su fizički atributi čovjeka u anatomskom modelu ljudskog tijela i postavljena fizička ograničenja. Modeli se mogu prilagoditi za specifičnu populaciju. Korisnik označava čovjeka u procesu kao resurs te određuje njegove putove kretanja i sve pokrete tijela potrebne za izvođenje

nekog posla. Vrijeme kretanja i redoslijed operacija određuje izvrstan raspored i podatke o radnim troškovima.

Brodogradilišta sa mogućnošću simulacije čovjeka analiziraju horizontalni i vertikalni raspon koji čovjek može dosegnuti i njegovo vidno polje. U ekstremnim operativnim okruženjima kao što su podmornice ili uski prostori strojarnice ove analize su neprocjenjive. Također se mogu simulirati konstrukcija radnih stanica, alati, pristup robotima, kontrola strojeva itd.

Simulacija robota

Brodogradilišta danas stavljaju veliki naglasak na automatizaciju. Ekonomija brodogradnje zahtjeva veliku standardizaciju i konzistentnu praksu od projekta do projekta. Neka su brodogradilišta postigla visoke stupnjeve automatiziranosti svojih panel linija, toplinskog rezanja i procesa savijanja cijevi. Simulacijom rada robota postižu se dobri rezultati u uštedi vremena. Na slici 48 dan je prikaz simulacije rada robota za zavarivanje elemenata strukture.



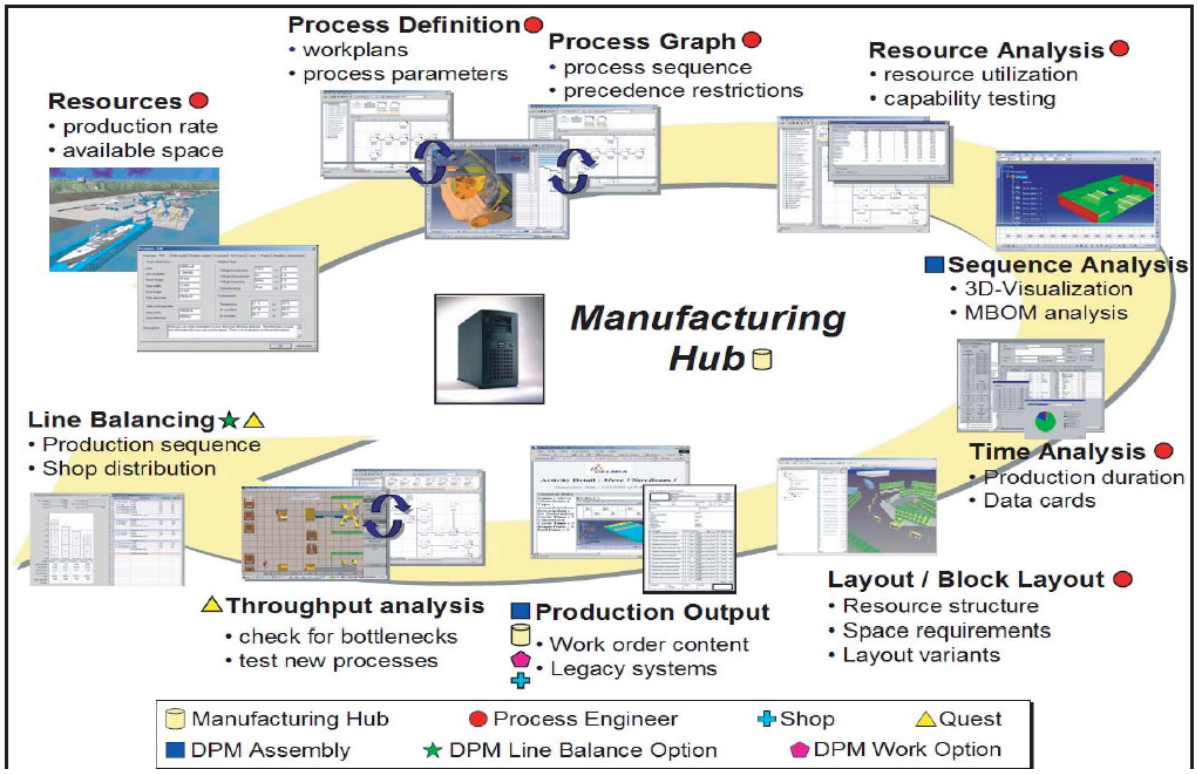
Slika 48 Prikaz simulacije rada robota za zavarivanje elemenata strukture [14]

Software-i su kinematički simulacijski alati za projektiranje i proračun automatizirane opreme i programiranje robotiziranih radnih stanica. Za ugrađivanje stvarnih robota i

pomoćne opreme, njihovih karakteristika kretanja i rada, računalni proizvodi za simulaciju generiraju krajnje precizne simulacije i pružaju mogućnost optimizacije lokacije robota, kretanja i vremenskih ciklusa. Pomaže u eliminaciji skupih kolizija između robota, dijelova, alata, ostale opreme i okolnog prostora.

2.4.3 Podaci za proizvodnju i radne upute

Prije nego može početi proizvodnja potrebni su numerički podaci. Sadržaj poslova, popis materijala i 3D radne upute u elektronskom obliku (EWI) moraju biti generirani i organizirani po poslovima koji će se rasporediti i pustiti u proizvodnju. U nastavku se osigurava daljnje preciziranje podataka modela proizvoda. Proizvodne značajke kao što su skošenja, korijen zavarenog spoja, povremena podizanja i putovi sve trebaju biti dodane dijelovima i sklopovima za prilagodbu procesu zavarivanja, radu dizalica, šablonama i oznakama rebara za oblikovanje limova itd.



Slika 49 Koncept sustava računalne proizvodnje sa proizvodnim središtem [14]

U početku su istraživanja vezana za digitalnu brodogradnju i njenu primjenu bila poprilično nekompletna i demonstracije projekta konstruiranog broda su djelomično rađene za potrebu prodaje ili simulaciju robota za zavarivanje u predmontaži. Kasnija istraživanja su rađena s ciljem kompletnog virtualnog brodogradilišta sa gledišta sveobuhvatnog procesa. Da se postigne digitalna brodogradnja pod integriranim pristupom, najvažniji faktor je uspješno rješavanje problema planiranja. Planiranje u brodograđevnom proizvodnom procesu je proces pronalaženja metode minimiziranja učinka promjene projekta i odgoda poslova, podrške prikladnim proizvodnim metodama i

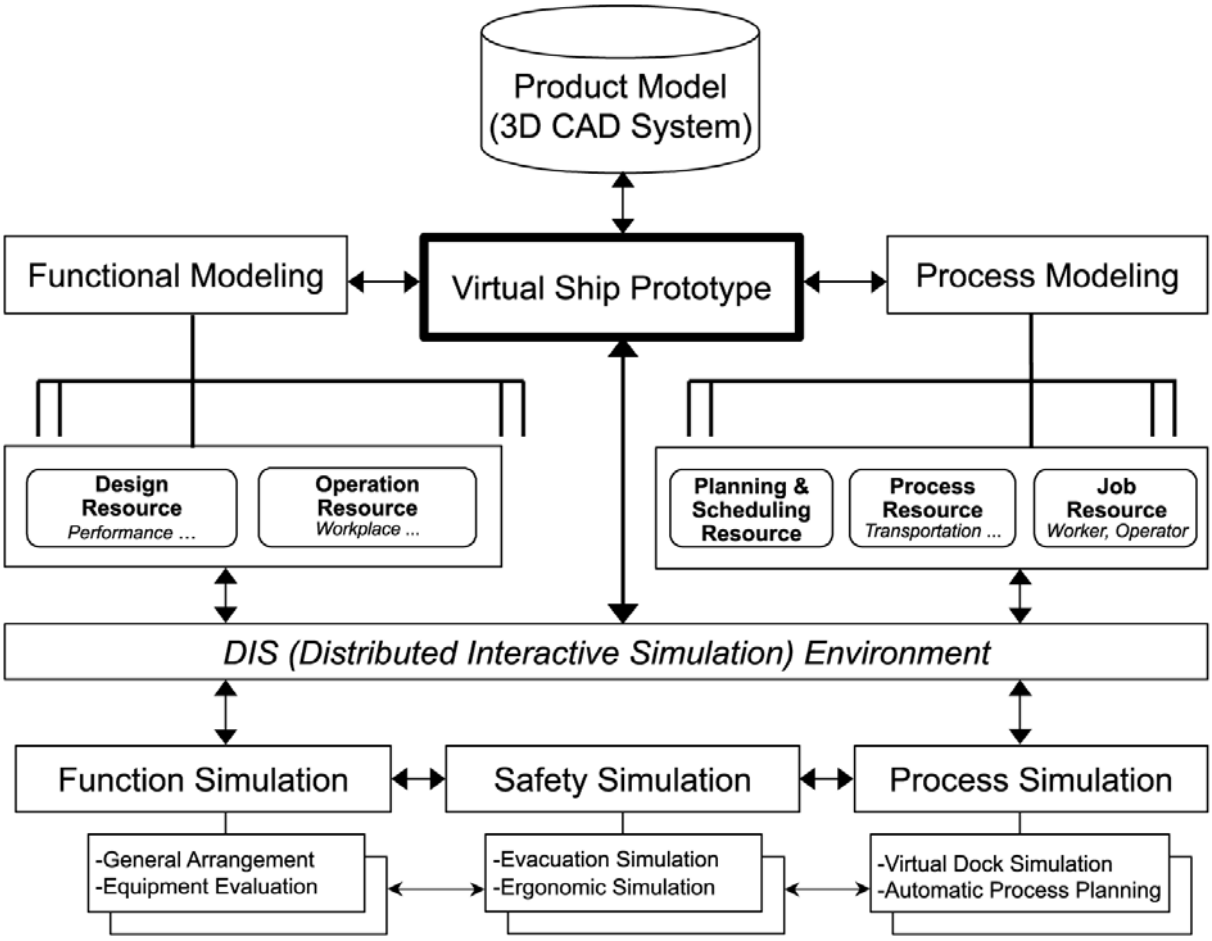
projektiranje procesa izrade za maksimalno korištenje resursa. Spojivši sve to prema točnom planu brodograđevnog procesa, osigurana je tehnologija za Uvođenje dinamičke simulacije. Za dinamičke simulacije, potrebno je definirati sve poslove, procese, mogućnosti brodogradilišta i resurse radne snage. Modeliranje simulacije se izrađuje nakon ovih definicija i analize proizvodnog toka. Tako razvijeni simulacijski model može analizirati probleme u proizvodu i procesu i optimizirati cjelokupni proces.

Digitalna brodogradnja odnosi se na tehnologije sposobne razviti sustav koji može potvrditi cijeli životni ciklus proizvoda uključujući projekt, proizvodnju i održavanje u virtualnom računalnom okruženju temeljenom na 3D CAD sustavu.

Dajući nove ekonomske smjernice u brodogradnji, idealno rješenje digitalne proizvodnje je ono koje osigurava most između projekta i izvršenja u proizvodnji i omogućava projekt temeljen na simulaciji, bez potrebe fizičkog prototipa. Digitalna proizvodnja koristi virtualnu okolinu i nudi sljedeće:

- promovira standardizaciju u projektiranju
- obrađuje detalje iz funkcionalnih zahtjeva
- obrađuje proizvodne podatke na temelju izrađenog plana
- plan je tehnologičan i efikasan
- podržava dostavu "točno na vrijeme"
- aplikacije koriste zajedničku dostupnu bazu podataka

Za praktičnu primjenu u pojedinim područjima mora biti izvedeno: funkcionalno modeliranje projekta i operativnih resursa temeljeno na 3D virtualnom prototipu broda i proces modeliranja proizvodnog procesa i za to vezani plan proizvodnih resursa kako je prikazano na slici. Rezultati ovakvog modeliranja i informacije o virtualnom brodu trebaju biti dostupni brodogradilištu, registru, kooperantima i dobavljačima, brodovlasniku i pomorskim transportnim kompanijama preko Interneta.



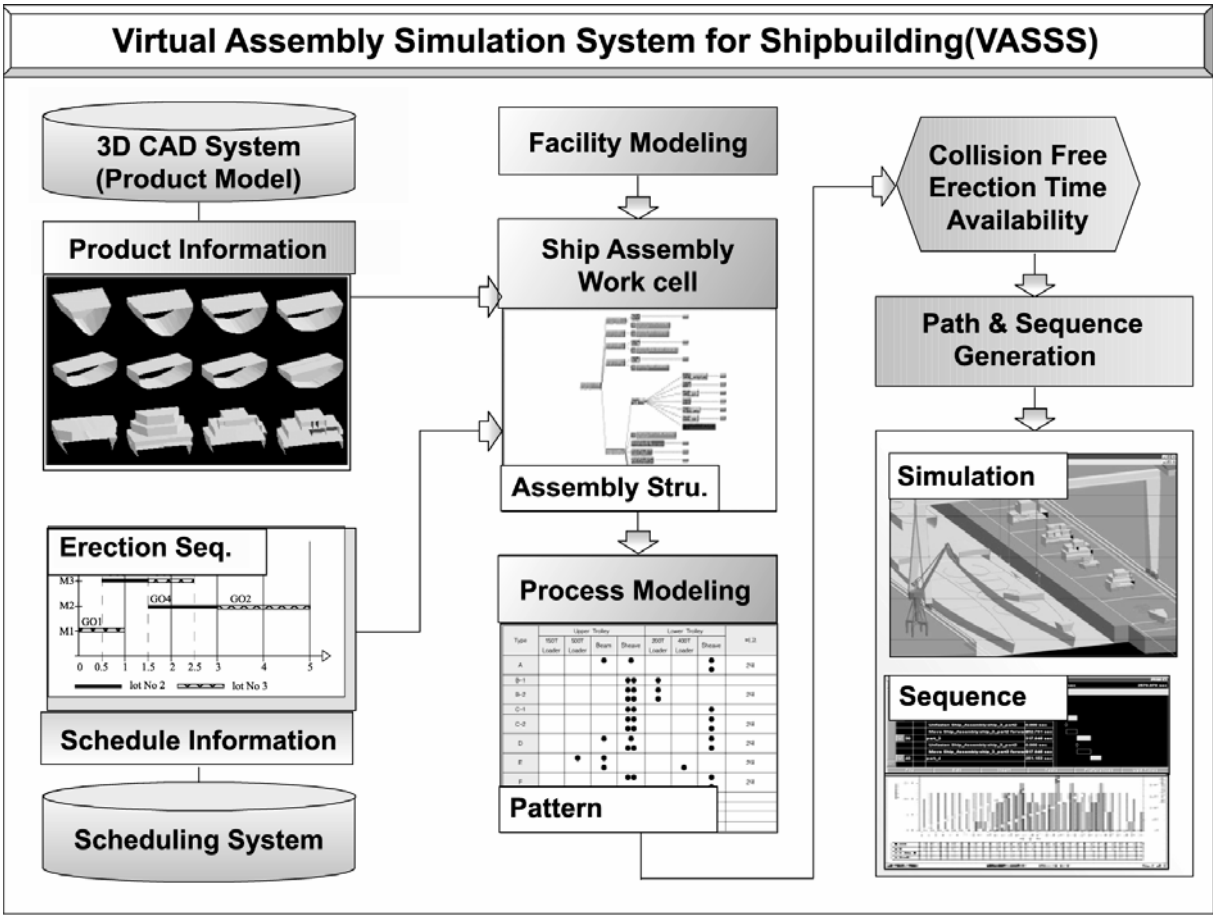
Slika 50 Koncept brodograđevnog procesa temeljenog na simulaciji [27]

Preko distribuirane interaktivne simulacije moguće je izraditi simulacije funkcija, procesa i simulacije sigurnosti. Simulacije funkcija uključuju potvrde glavnih funkcija broda kao što je procjena općeg plana broda, razne opreme i ukrcaj ili iskrcaj tereta. Simulacije procesa uključuju provjere proizvodnog procesa kao što je provjera rada automatiziranih proizvodnih strojeva, planiranje upravljanja resursima. Simulacije sigurnosti u zadnje vrijeme su u centru pažnje i obuhvaćaju analizu sigurnost broda i putnika, kao što je analiza evakuacije i procjene rizika.

2.5 Sustav simulacije virtualne gradnje broda VASSS [27]

Korejski institut za istraživanje pomorske i brodograđevne tehnike razvio je sustav VASSS ("Virtual Assembly Simulation System for Shipbuilding") za izvedbu provjere operacija dizalica i simulacije gradnje u virtualnom doku na osnovu 3D modela u razvojnoj fazi broda. VASSS je razvijen za suhi dok u brodogradilištu Samsung HI Geoje. U sljedećem dijelu dan je pregled korištenja sustava na primjeru simulacije montaže trupa u suhom doku.

Generalno u brodogradnji, usvajanje proizvodnog plana ima važnu ulogu u spajanju projekta i proizvodnje, ali zahvaljujući specifičnosti brodograđevne industrije, proizvodni plan se ne može izraditi niti izmijeniti u zahtijevanom vremenu. U nastojanju da riješi ovaj problem, navedeni sustav omogućava simulaciju pojedinih točaka plana procesa montaže blokova kao što je odluka o mjestu podizanja bloka ili procjena redoslijeda montaže uzimajući u obzir informacije o dostupnosti opreme iz 3D CAD sustava. Drugim riječima VASSS može procijeniti redoslijed montaže blokova uzimajući u proračun podatke vezane za blokove i uređaje kao što su "golijat" dizalice. Proces montaže blokova je jedna od posljednjih faza u gradnji broda, ali je prva faza i temelj za tijek proizvodnog plana.



Slika 51 Koncept brodograđevnog procesa temeljenog na simulaciji [27]

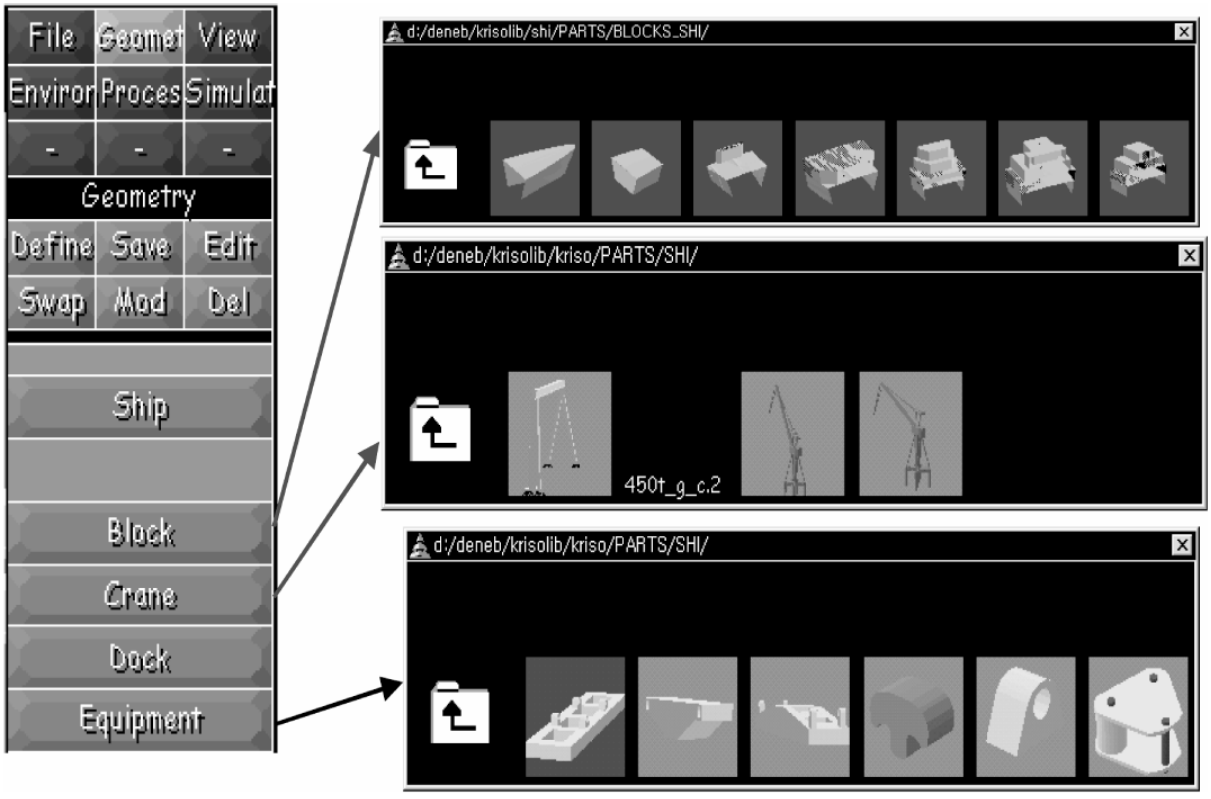
Na slici 51 je prikazan plan izrade sustava simulacije redoslijeda montaže blokova trupa. Kroz modeliranje procesa, kao što je način korištenja opreme, generira se put i redoslijed koji može optimizirati vrijeme montaže, raspoloživost dizalica i izbjeći kolizije.

Prikladni alati za razvoj sustava izabiru se prema svrsi i području primjene. Alat ENVISION od Delmia IBM najčešće se koristi za virtualne prototipove dok se alat QUEST koristi za simulaciju procesa.

Geometrijske informacije o bloku su otvorene u IGES formatu, i razna oprema kao golijat dizalice i plan doka su modelirani od osnovnih modela iz informacija izvađenih iz svojstvenih nacrta. Fizičke značajke i oprema virtualnog doka su sam suhi dok, vrata doka, golijat dizalica i razna druga oprema. Modeliranje radnika i operatera radi se koristeći ENVISION/ERGO sustav sa raznim standardnim obilježjima čovjeka. Takvi modeli čovjeka koriste se za simulaciju prolaza čovjeka kroz skučene prolaze, okretanja, interakciju sa virtualnim objektima i detekciju kolizije.

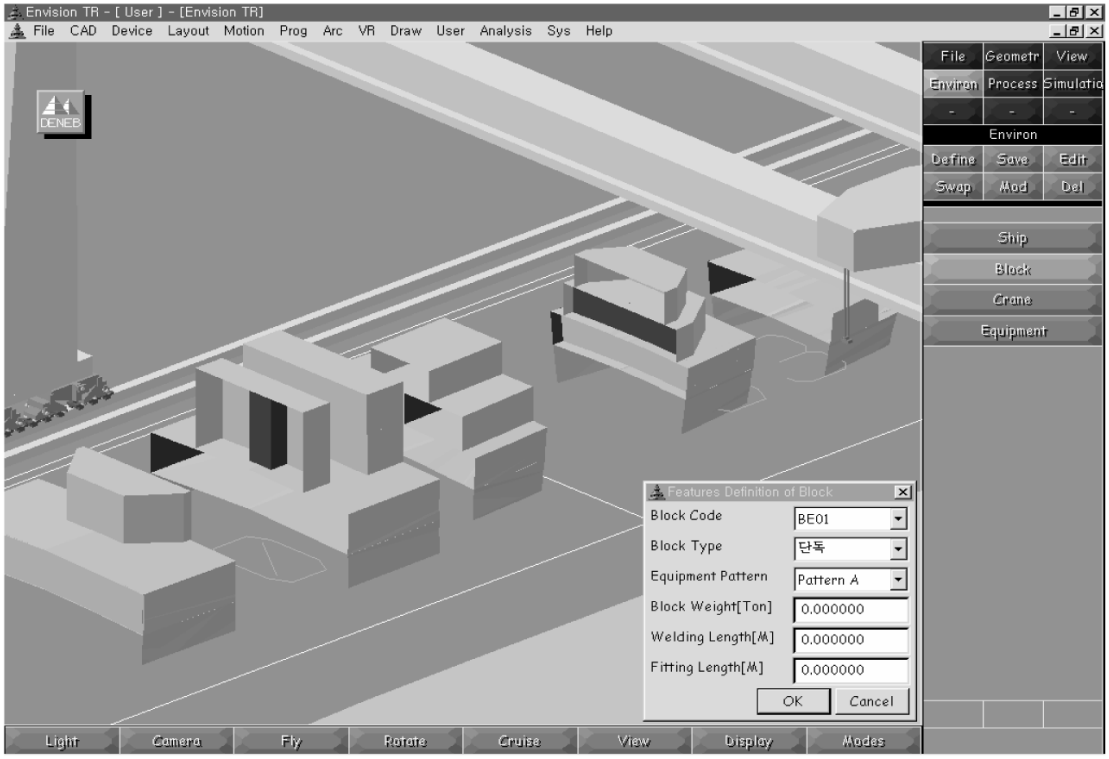
CAD sustavi i simulacijski sustavi imaju GUI ("Graphic User Interface") prikladan za njihov sustav za povećanje fleksibilnosti i radne učinkovitosti sustava. Generalno, GUI su koristi za vizualno ubacivanje podataka, vezu sa svakim modulom i vizualizaciju trenutačnih i krajnjih rezultata.

U ovom primjeru, GUI je projektiran i korišten za korisnikovu provjeru funkcija u svakom koraku razvoja sustava. GUI simuliranog sustava prototipa virtualnog doka je implementiran korištenjem jezika grafičke simulacije GSL ("Grafic Simulation Language") i CLI ("Command Line Interpreter") funkcije. Menu je definiran za svaku naredbu ili funkciju potrebnu u simulaciji i najčešće korištene naredbe postaju tzv. "top-level menu". Na slici je prikazana hijerarhija naredbi VASSS prototip menu-a.
[FILE] menu prikazuje funkcije za definiranje i kreiranje dokumenta i umetanje dijelova potrebnih za sustav simulacije prototipa virtualnog doka. Funkcija menu-a [GEOMETRY] je učitavanje dosad izgrađenog trupa, blokova koje treba ugraditi, dizalica i geometrije suhog doka potrebnih za simulaciju. On se sastoji od podmenu-a kao što su [Ship Load], [Block Load], [Crane Load], [Dock Load], and [Equipment Load]. Slika 52 prikazuje zaslon sa odabranim menu-om [GEOMETRY].



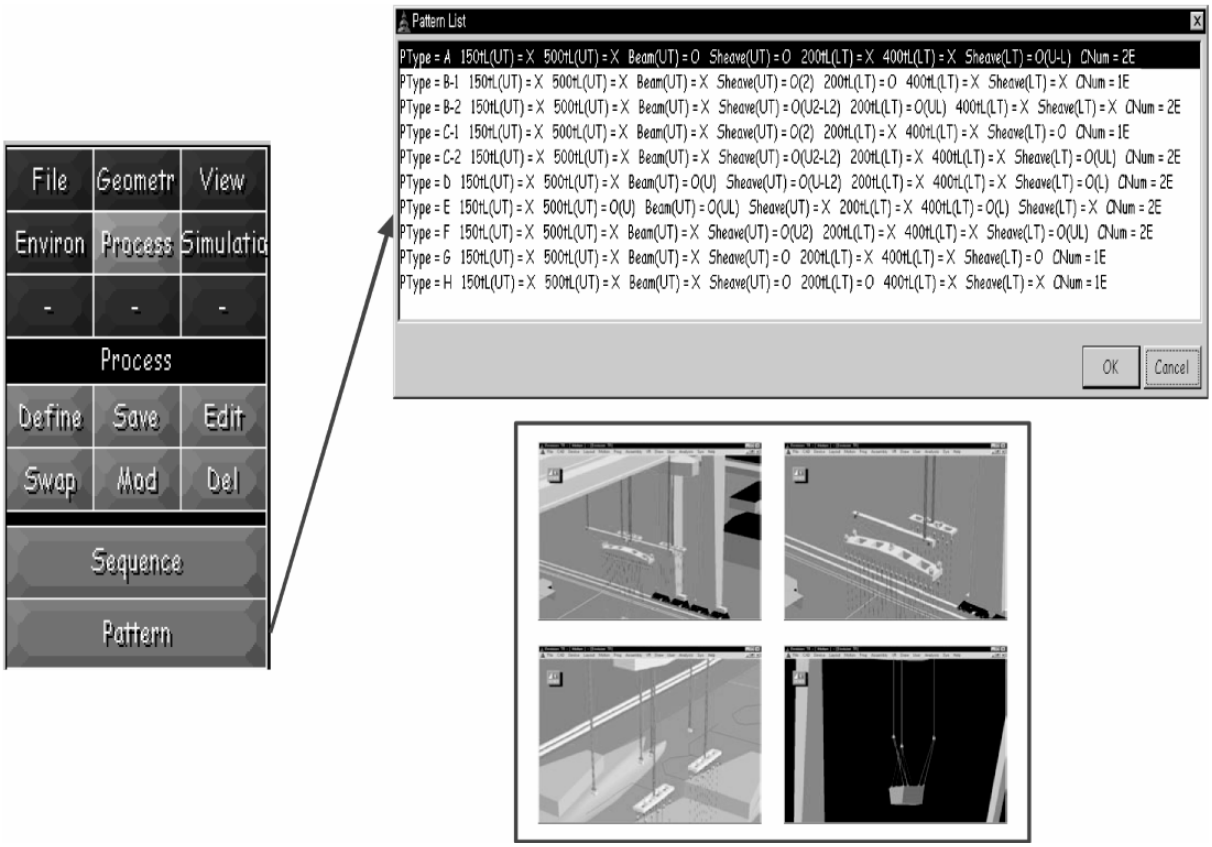
Slika 52 Prikaz odabira geometrije [27]

Funkcije menu-a [VIEW] je mijenjanje pogleda prikaza simulacije procesa. Pod menu-i su [ISO], [Top], [Front], [Right] i [Wire], [Flat], [Smooth] and [Transparent] za prikaz linija modela na razne načine ovisno o karakteristikama simulacija.
[ENVIRONMENT] menu služi za definiranje značajki okoline, opis radnog mjesta i definiranje svakog dijela. Pod menu-i su [Block], [Crane], [Dock] and [Misc.].



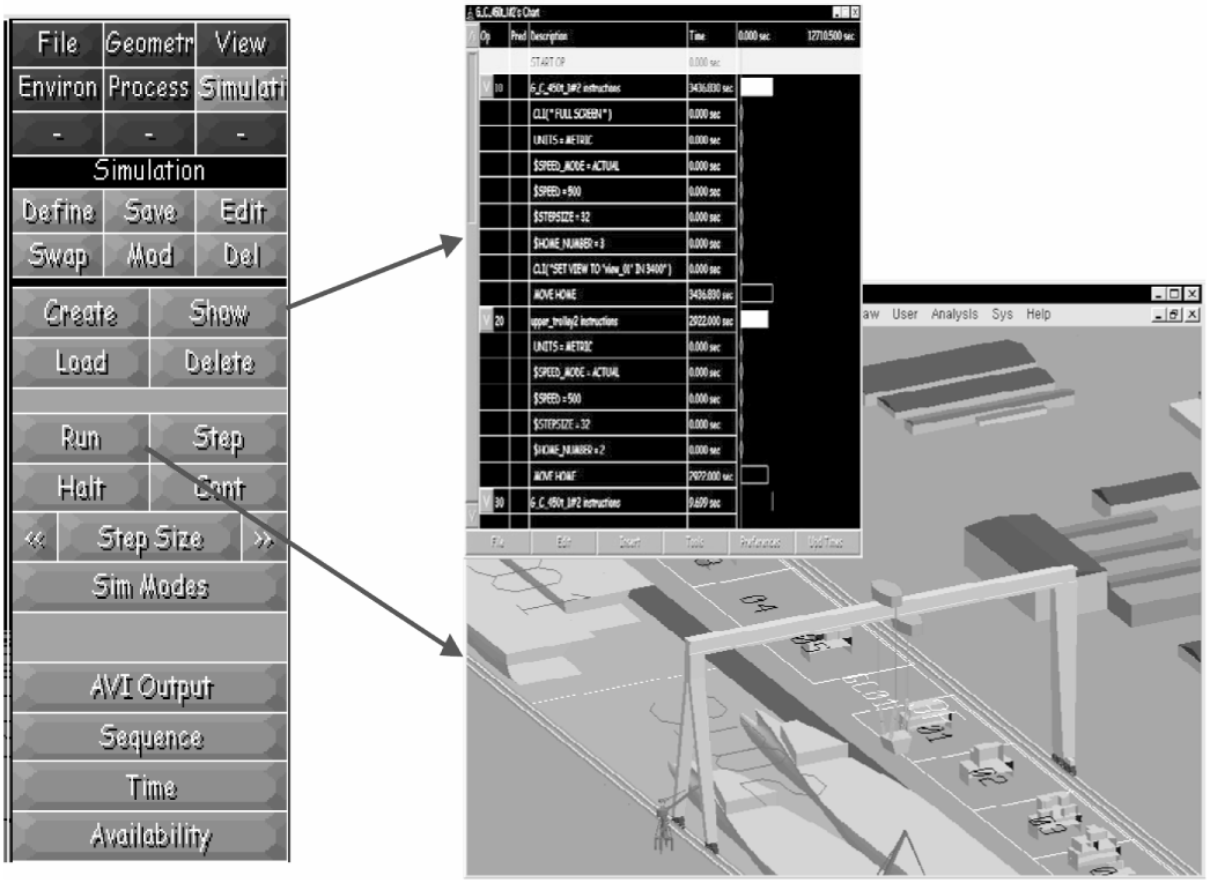
Slika 53 Prikaz definiranja značajki okoline, opisa radnog mjesta i pojedinih dijelova [27]

[PROCESS] menu služi za unos dnevnog radnog plana i podataka plana procesa potrebnih za simulaciju procesa. [Sequence] podmenu ucrtava redoslijed montaže blokova iz dnevnog plana i potvrđuje završni redoslijed. [Pattern] podmenu služi za pohranu standardnih uzoraka opreme u bazu podataka. Ti uzorci trebaju biti u skladu sa pripadnim fizičkim značajkama i okolinom brodogradilišta i također treba uzeti u obzir vrijeme potrebno za standardne operacije opreme. Na slici 53 su prikazani standardni podaci za dio opreme nakon odabranog menu-a [Pattern].



Slika 54 Prikaz odabira standardnih podataka opreme [27]

[SIMULATION] menu ima funkciju upravljanja dijelovima, njihovim kretnjama i analiziranja operacija. Može se podijeliti na kontinuirano kretanje i kretanje u koracima ovisno o zahtjevu korisnika. Operacija se može eksportirati u AVI film za prezentaciju i vizualizaciju rezultata preko filma. Slika 54 prikazuje redoslijed montaže blokova nakon odabira pod menu-a [Show] i aktualna operacija preko [Run]. U [SIMULATION] menu-u, korisnik može simulirati proces prema definiranom scenariju i očitati procijenjene rezultate redoslijeda montaže blokova, vremena, upotrebe dizalica, vremenske raspoloživosti opreme, prije svega golijat dizalice.

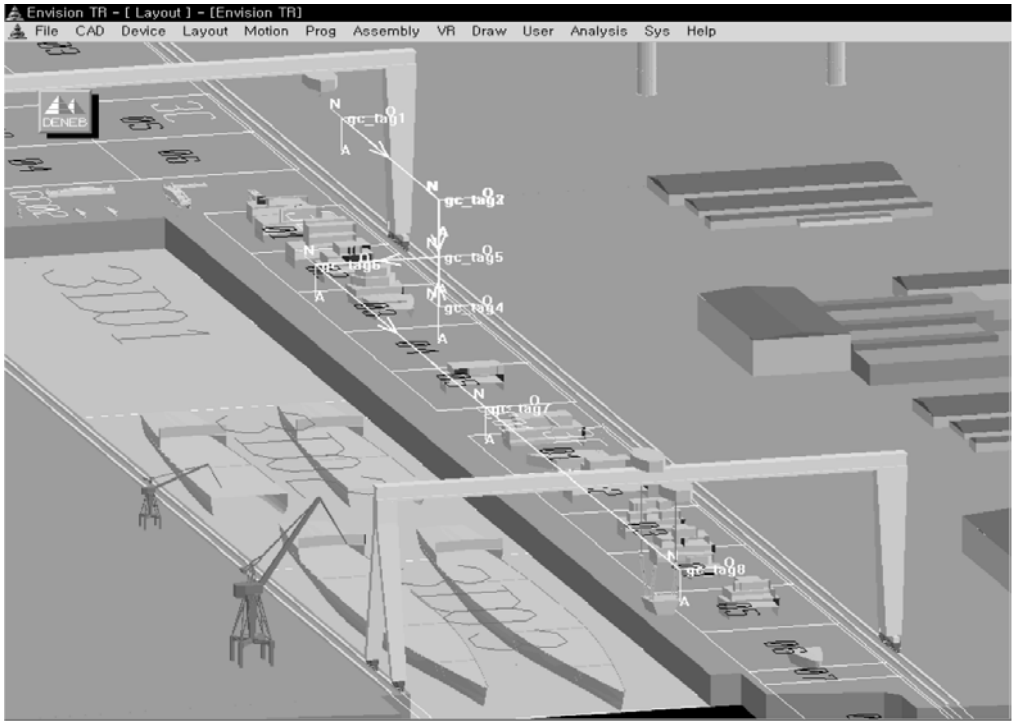


Slika 55 Pokretanje simulacije [27]

U simulaciji montaže, mnogi poddijelovi su pridodani glavnim strukturama. Kinematička i dinamička implementacija dijelova čini operaciju aktualnom i detektira koliziju sa ostalim dijelovima, radnicima ili nekretninama. Simulacija također uključuje kontrolu kretanja, postavu puta, implementaciju GSL-a i provjere kolizije.

Kada je proces montaže blokova optimiziran, kreirane su putanje i cjelokupni vremenski raspored utvrđen preko gantograma. Unesena je prethodna brzina kretanja dizalice i redoslijed je optimiziran na osnovi brzine.

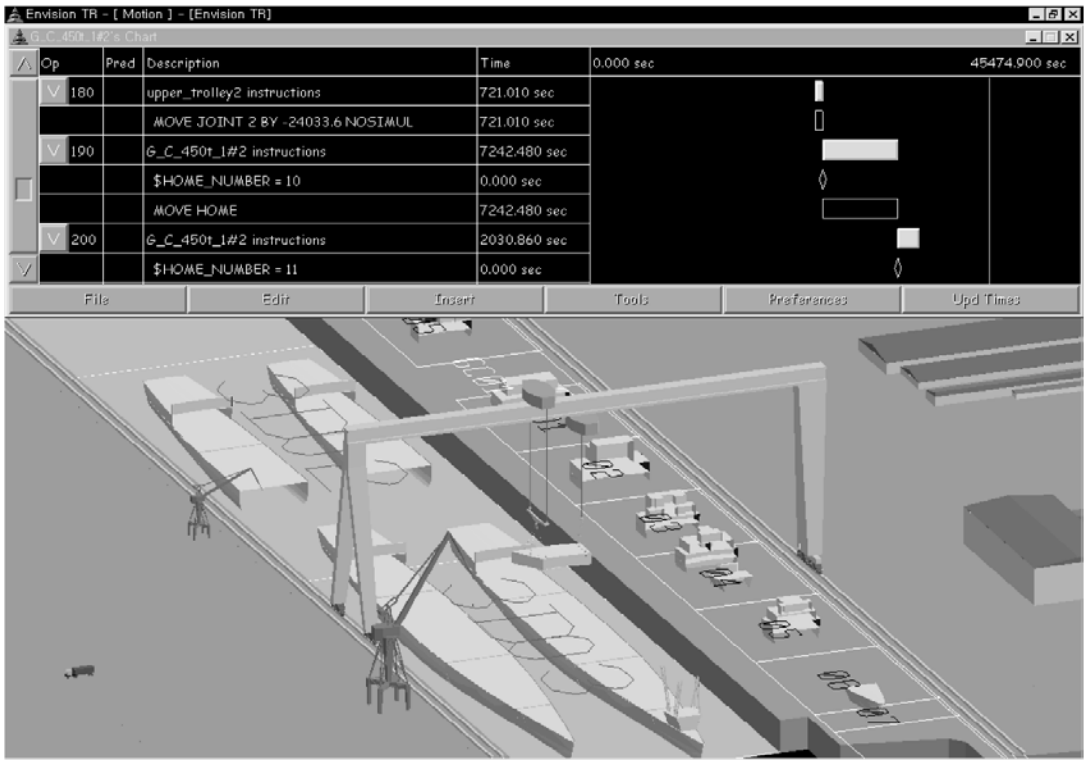
Autotrajectory (autoputanja) funkcija koristi se za kreiranje slobodnih putova između dvije krajnje točke ili kreiranje cijele putanje. Prije korištenja ove funkcije, dijelovi koji mogu doći u koliziju trebaju biti definirani. Kod korištenja funkcije, korisnik također treba odrediti da li želi put između dvije točke ili za sve putanje. Slika 56 prikazuje proces kreiranja slobodne putanje.



Slika 56 Kreiranje putanja dizalica kod dizanja blokova premještanja u suhi dok i spuštanja na montažu [27]

Kod kreiranja putanje dizanja blokova, veličina koraka je važna jer kretanje bloka i detekcija kolizije rade se na svakom koraku. Ako je korak premali troši se puno vremena i memorije računala, a ako je prevelik, mala je točnost i postoji mogućnost da se ne detektira barijera između dvije točke.

Ako je provjera procesa učinjena besprijekorno, izvodi se aktualna simulacija za potvrdu graničnih mogućnosti procesa. Razne metode kao što su gantogram, "fly, fly-through, walk-through, i view port" koriste se za pregled rezultata simulacija. Slika 576 prikazuje proces optimiziranja redoslijeda montaže blokova.



Slika 57 Prikaz procesa redoslijeda optimiziranja montaže blokova trupa [27]

Procjena redoslijeda montaže obavljena sa VASSS ima slijedeće funkcije:

1. vizualizacija realnog vremena procesa montaže blokova
2. odabir optimalnog puta golijat dizalice u procesu
3. proračun optimalnog vremena za proces montaže blokova
4. vizualizacija redoslijeda montaže blokova u dijagramima
5. procjena metoda montaže blokova
6. procjena redoslijeda montaže blokova

2.6 Simulacija brodograđevne radionice pomoću programa Taylor [28]

Taylor ED 2000 je programski paket za modeliranje, eksperimentiranje s modelom, vizualizaciju i kontrolu proizvodnog procesa. omogućuje kreiranje modela proizvodnog procesa, informacija i ljudi te analizu njihovog ponašanja u sustavu, eksperimentiranje i optimiziranje izvedbe sve dok se ne iskristalizira najpovoljnije rješenje. Grafička podrška omogućava zoran i jednostavan prikaz modela i rezultata.

Razlikuju se dvije verzije programskog paketa Taylor ED 2000, a to su:

- KORISNICKA - korištenje postojećih atoma iz standardne biblioteke atoma
- RAZVOJNA - kreiranje specifičnih atoma, mijenjanje postojećih i intervencije u programskom paketu pomoću programskog jezika 4D Script u kombinaciji sa editorom atoma. Korisnik može potpuno kontrolirati ponašanje i izgled atoma.

Elementi strukture programskog paketa su:
- modul modeliranja,
- modul eksperimentiranja s modelom i
- modul vizualizacije.

Modul modeliranja

Osnovni element modela kreiranog programskim paketom Taylor ED 2000 je atom. Atom je objekt definiran svojim geometrijskim karakteristikama (duljina, širina, visina), lokacijom i zadanim ponašanjem u vremenu. Atomi se u modelu definiraju po fazama:

- Izbor atoma
- Hijerarhija atoma
- Prilagođivanje karakteristika atoma

Izbor atoma

Definiranje geometrijskih karakteristika, lokacije i parametara ponašanja svakog atoma omogućava modeliranje svakog fizikalnog objekta koji se može naći u stvarnosti, kao što su strojevi, uređaji, transportna sredstva, proizvodi ili skladišni prostori. Atomi se biraju iz biblioteke kreiranih atoma. Sadržaj biblioteke atoma se stalno proširuje kreiranjem i dodavanjem novih atoma.

Hijerarhija atoma

Hijerarhija modela je značajna kada je model kompleksan. U programskom paketu Taylor ED 2000 mogu se formirati podmodeli, manji dijelovi modela, koji se mogu promatrati zasebno i kao dio cjeline sa drugim podmodelima. Također se mogu kreirati strukture koje se sastoje od većeg broja atoma, definiraju se kao atom te postaju standardni član biblioteke atoma.

PRILAGODAVANJE KARAKTERISTIKA ATOMA

Atomi u biblioteci imaju programom definirane parametre kao što su geometrijske karakteristike, lokacija ili ponašanje u vremenu. Mogu se mijenjati u za to predviđenim kućicama karakteristika atoma. Također su moguće promjene u izvornom kodu atoma, gdje se mogu dodati karakteristike koje bi bile potrebne za kvalitetnije modeliranje. Ove intervencije i kreiranje novih atoma se rade koristeći programski jezik 4D Script koji je srce programskog paketa Taylor ED 2000. Novom atomu se definira izgled, karakteristike i mjesto u biblioteci atoma.

Modul eksperimentiranja s modelom

Taylor ED sadrži vrlo brz modul za eksperimentiranje s modelom koji može generirati veliki broj različitih scenarija u kratkom vremenu. Pri pokretanju definira se brzina odvijanja eksperimenta. Najveća brzina odvijanja eksperimenta je 2.8*1036 sati u vremenu jedne sekunde. Paralelno s modulom eksperimentiranja pokreće se vizualizacijski modul Pomoću kojeg se kontrolira odvijanje eksperimenta. Kada rade istovremeno sporiji je rad modula za eksperimentiranje, a u svrhu ubrzanja modul vizualizacije se može zaustaviti. Izlazni rezultati eksperimenta se spremaju u tablice, a prikazuju se tablično i grafički. Izvedba svakog eksperimenta se analizira preko parametara kao što su iskoristivost, vrijeme ili troškovi

Modul vizualizacije

Model se u programskom paketu Taylor ED 2000 prikazuje 2D i 3D animacijom. Ovim modulom se vizualno prati odvijanje eksperimenta. Prednost je što se lako uočavaju i lociraju nastali problemi ili zastoji u eksperimentu te brzo rješavaju. U početnim fazama modeliranja u hodu se mijenjaju karakteristike modela dok se ne postigne ono što je zamišljeno.

SIMULACIJSKI POSTUPAK PROGRAMSKIM PAKETOM TAYLOR ED 2000

Rad u programskom paketu Taylor ED 2000 započinje kreiranjem modela proizvodnog procesa i finalnog proizvoda. Model se sastoji od atoma koji se odabiru i uzimaju iz biblioteke prikazane na slici 16. Biblioteka sadrži 80-ak standardnih atoma podijeljenih u grupe kao što su skladištenje, transport, kontrola toka, radne operacije i druge.

Izbor atoma ovisi o njegovoj funkcionalnosti i o tome kolika je sličnost sa funkcionalnošću sredstva koje predstavlja. Ako u biblioteci ne postoji atom zadovoljavajuće funkcionalnosti kreira se novi atom ili se postojeći modificira Pomoću editora atoma i programskog jezika 4D Script. Izabrani atomi se postavljaju prema zamišljenom rasporedu u modelu.

U samom atomu ulazni i izlazni kanali povezani su definiranjem logičkog puta. Ako atom ima više izlaznih kanala potrebno je definirati na koji način će se ponašati. U programskom paketu Taylor ED 2000 ponuđeno je desetak različitih logičkih putova. Na centralni kanal se povezuju atomi koji služe za kontrolu toka eksperimenta. Takvi atomi mogu zaustaviti rad atoma prema zadanom uvjetu.

Odvijanje eksperimenta promatra se 2D ili 3D animacijom. Trodimenzionalna animacija, prikazana primjerom na slici 19, omogućava promatranje modela i eksperimenta iz po volji odabranog kuta gledanja.

Rezultati eksperimenta se prikazuju tablično i grafički. Tablični prikaz daje podatke o stanju atoma, a grafički o statusu atoma u vremenu. Za dobivanje grafičkog prikaza statusa atoma u vremenu potrebno je u programu definirati atom koji će se pratiti tokom izvođenja eksperimenta. Pokretanjem različitih scenarija eksperimenata, sakupljanjem i analizom izlaznih vrijednosti dolazi se do zaključaka o modelu koji se mogu preslikati na realni proizvodni proces.

ZAKLJUČAK

Velika potražnja za trgovačkim brodovima svih vrsta: tankerima, brodovima za rasute terete, brodovima za prijevoz kontejnera, brodovima za opće terete, putničko-teretnim brodovima, brodovima za kružna putovanja, brodovima za prijevoz automobila i drugih tipova posebnih namjena, generira i težnju za sve većom proizvodnjom koja se može ostvariti samo povećanjem kapaciteta. Brodogradilišta se se isprofilirala kao velika brodogradilišta na istoku – „tvornice brodova“ i manja, za više specijalizirane i složenije brodove, uglavnom u Europi – montažna brodogradilišta“. Uobičajena ranija podjela na brodogradilišta u uvali, na rtu ili uz obalu jednostavno više ne odgovaraju stvarnosti jer nova golema brodogradilišta zauzimaju ogromne prostore, više uvala i rtova, koliko god treba, a ako nije dosta, provest će se zemljani radovi s nasipavanjem obale do postizanja potrebne površine. Sva su vodeća velika brodogradilišta prešla na gradnju brodova u suhim dokovima, pače mega-dokovima do nedavno nezamislivih dimenzija od preko 640 metara duljine i čak 3000000 TDW kapaciteta (u svim se hrvatskim brodogradilištima brodovi grade na kosim navozima). Nosivosti dizalica dosižu 1000 tona uz korištenje plovnih dizalica za razmještaj mega-blok sekcija i barži za njihovo sastavljanje. Najveća brodogradilišta šire asortiman na više tipova brodova. Istovremeno financijski pokazatelji pokazuju povećanje imovine velikih brodogradilišta i porast vrijednosti njihovih dionica. Kretanja u strukturi radne snage pokazuju sve veći udio kooperacije ali i potrebe za visoko-stručnom, visoko-motiviranom i visoko-osposobljenom radnom snagom.

Sposobnost uspostavljanja veza i vizualiziranje utjecaja presudno je za odluke u procesu kod uvođenja i prihvaćanja promjena u projektu. Danas su mnoge promjene u projektu zahtijevane od strane brodovlasnika i prihvaćene od strane brodogradilišta bez potpunog razumijevanja utjecaja na troškove. Iz razloga što ne mogu predvidjeti utjecaj promjena na troškove ili na redoslijed procesa, brodogradilišta rijetko pregovaraju o promjenama u ugovorima i posljedično, povećanje troškova uglavnom snosi brodogradilište a ne brodovlasnik. Integrirana računalna okolina daje brodogradilištu potrebne informacije za predviđanje troškova izmjena i vremena, i potrebne informacije za odluku hoće li pregovarati nanovo o dijelovima ugovora.

Dajući nove ekonomske smjernice u brodogradnji, idealno rješenje računalne proizvodnje je ono koje osigurava most između projekta i izvršenja u proizvodnji i omogućava projekt temeljen na simulaciji, bez potrebe fizičkog prototipa. računalna proizvodnja koristi virtualnu okolinu i nudi sljedeće:

- promovira standardizaciju u projektiranju
- obrađuje detalje iz funkcionalnih zahtjeva
- obrađuje proizvodne podatke na temelju izrađenog plana

- olakšava izradu tehnologičnog i efikasnog plana proizvodnje
- podržava dostavu "točno na vrijeme"
- aplikacije koriste zajedničku bazu podataka

U proizvodnim područjima "proizvodnja temeljena na simulaciji" prihvaćena je u korak sa popularizacijom tehnologija simulacija. Simulacijom proizvodnog procesa prije same proizvodnje, dobiva se veća efikasnost i sigurnost u proizvodnji, i dinamička proizvodnja upravljana u realnom vremenu postaje moguća korištenjem informacija dobivenih u svakoj etapi rada u pogonu.

U ovom se radu pregledom brodograđevne proizvodnje u svijetu i njihova načina rada nedvosmisleno ustanovila, ne više težnja, već stvarna i sveprisutna usmjerenost na računalnu podršku za gotovo potpunu simulaciju brodogradilišta i brodograđevnih procesa. Time ranije podjele na teritorij i akvatorij kao nužne potrebe brodogradilišta treba proširit sa „informatorijem“ a to je sveukupni sadržaj podataka, tokovi podataka i ljudi koji to mogu postaviti, održavati i koristiti. Brod kao intelektualno i fizičko djelo ljudskog uma i rada brojnih sudionika prije svog tvarnog ostvarenja postoji u svom digitalnom, virtualnom obliku ne samo kao sklop svojih tehničkih dijelova nego i kao niz digitalno određenih procesa, kao virtualna proizvodnja, uz čiju se pomoć mogu provjeravati i činiti uspješnijima, prema tome i profitabilnijima, svi napori brodograditelja.

LITERATURA

[1] Korean Register of Shipping, http://www.krs.co.kr

[2] Korea Shipbuilding Industry Cooperative, http://www.kosic.or.kr

[3] Shipbuilding Korea 2008, AR The Korea Shipbuilders' Association

[4] Korean Shipbuilding Productivity 10 August 2007, www.worldyards.com

[5] Tim Colton Senior Advisor, Shipbuilding; Building BIG Ships February 10, 2006

[6] Shipping Statistics and Market Review, Volume No 9/10 –2007, Market Review Analitical Focus; ISL Institute of Shiping Economics and Logistics www.isl.org

[7] Car Carrier Trade&Transport 2008, Clarkson Research Services Limited, www.crsl.com

[8] www.crsl.com

[9] Shipbuilding Korea 2007, AR The Korea Shipbuilders' Association

[10] Community of European Shipyards' Associations ANNUAL REPORT 2006 - 2007 Brussels, June 2007, http://www.cesa.eu

[11] Danko Gugić, Vedran Slapničar: Osnivanje broda; Predavanja šk.god 2000/2001 Zagreb, 2001

[12] Aker Yards ASA Corporate Presentation 2008 Last updated: 16 April 2008

[13] www.oss.dk

[14] IBM PLM Version 5 Solutions for Shipbuilding Setting the course and strategy for digital shipbuilding Digital Manufacturing: The Virtual Shipyard An IBM / Dassault Systèmes Thought Leadership Paper November 26, 2003

[15] CAD/CAM Magazine Online, The Guide to Integrated Design & Production, http://www.cadcam-magazine.co.uk/htm/main.html

[16] Hongtae Kim, Jong-Kap Lee, Jin-Hyoung Park, Beom-Jin Park, Dong-Sik Jang; Applying digital manufacturing technology to ship production and the maritime environment, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, KORDI, Daejeon, Korea, Received June 2001 Revised January 2002 Accepted February 2002

[17] Simulation toolset for the shipbuilding industry http://www.meyerwerft.de

[18] Web-Based Virtual Reality in Design and Manufacturing Applications, Klaus-Peter Beier University of Michigan Virtual Reality Laboratory, Michigan, USA

[19] Waterborne Transport & Operations A Key Asset for Europe's Development and Future VISION 2020, http://www.waterborne-tp.org

[20] Tecnomatix Plant Simulation for shipyards Simulation, visualization and optimization of shipbuilding processes; Siemens PLM Software, www.siemens.com/plm

[21] JEDINSTVENI INFORMACIJSKI MODELI U BRODOGRADNJI Kalman Žiha, Neven Pavković, Nenad Bojčetić, Mario Štorga Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, Zagreb, Darko Bandula Brodarski Institut, Av. V. Holjevca 20, Zagreb, Karolj Skala Institut «Ruđer Bošković» Bijenička c. 54., Zagreb, Božidar Medić «Brodosplit», Put Supavla 19, Split

[22] Mladen Klasić, dipl. ing. Brodogradnje, Strojarska 2, Zagreb; KRIZA HRVATSKIH BRODOGRADILIŠTA, UZROCI I ODREDNICE RASPLETA, XVI Symposium SORTA2004

[23] Izvještaj s Konferencije "Konstruktivno socijalno partnerstvo za rast i zapošljavanje u visokoj tehnologiji" održane 22.03.2006. u Bruxellesu u Europskom parlamentu , http://www.smh.hr/vijest-22-03-2006.htm

[24] Maritime Industry Information Infrastructure, http://www.marinfo.net/entry.html

[25] EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE INSTITUTE FOR SYSTEMS, INFORMATICS & SAFETY State-of-the-Art report on:The Automation and Integration of Production Processes in Shipbuilding by: Fivos ANDRITSOS and Juan PEREZ-PRAT for the: DG Enterprise, unit E.6 June 2000

[26] DELMIA Corp., DELMIA's Digital Manufacturing Solution allows you to validate the design and manufacturing of your ships so you will build it right the *first* time, Troy, MI: DELMIA Corp., executive presentation, 2003.

[27] Applaying digital manufacturing technology to ship production and the maritime environment, Hongtae Kim, Jong-Kap Lee, Jin Hyoung Park, Beom-Jin Park, Dong-Sik Jang; Journal: Integrated Manufacturing Systems, Year: 2002, Volume:13, Issue: 5, Page:295 – 305 http://www.emeraldinsight.com/Insight/viewContentItem.do

[28] Boris Ljubenkov; Magistarski rad: Simulacija upravljanja procesom gradnje samopodizne platforme