

Påseglingsrisk för planerade byggnader och anläggningar vid Telegrafberget

Riskanalys med simulering



Rapport till Ahlqvist & Almqvist Arkitekter

SSPA Sweden AB
17 december 2007






RAPPORT

Titel	Rapport
Påseglingsrisk för planerade byggnader och anläggningar vid Telegrafberget - Riskanalys med simulering	2007 4643-01 <small>S:\2007\20074643 Påseglingsrisk Telegrafberget\Rapport\2007 4643 Påseglingsrisk - Marina vid Telegrafberget - Riskanalys med simulering compressed.doc</small>
	Projektledare
	Björn Forsman
Uppdragsgivare/Kontaktman	Författare
Ahlqvist & Almqvist Arkitekter Leif Hernborg leif.hernborg@forsenprojekt.se 08-50600404 / 070-4254630	Björn Forsman 031 772 9059 bjorn.forsman@sspa.se
Order	Datum
Oktober 2007	2007-12-17

SSPA Sweden AB har härmed nöjet att översända rapport för rubricerad riskanalys.

Med vänlig hälsning
SSPA SWEDEN AB


Björn Forsman
Maritime Operations

SSPA Sweden AB

POSTADDRESS
BOX 24001
400 22 GÖTEBORG

BESÖKSADDRESS
CHALMERS TVÄRGATA 10
412 58 GÖTEBORG

TELEFON
031 - 7729000

TELEFAX
031 - 7729124

E-POST
postmaster@sspa.se

ORG NR
556224-1918

BANKKONTO
S-E-BANKEN
5027-1002190

BANKGIRO
152-4875

STOCKHOLM BRANCH OFFICE:

FISKARGARTAN 8
116 20 STOCKHOLM

031 - 772 90 00

08 - 311543

postmaster@sspa.se

WEB SITE: www.sspa.se

SAMMANFATTNING

Studien avser att belysa riskerna för fartygs påsegling av hus som planeras uppföras vid Telegrafberget på Halvkakssundets södra strand i inloppet till Stockholms hamn. Ett antal tänkbara påseglingsscenarier har identifierats och sannolikheter för och konsekvenser av påsegling har analyserats bl a med hjälp av simuleringar av fartygsmanövrar och påseglingsförlopp.

Färjetrafiken dominerar trafikbilden i Halvkakssundet och ett fartyg motsvarande en av de största färjorna har valts som dimensionerande fartyg för beräkningarna. Sannolikheten för att tekniska fel eller mänskliga misstag skall leda till påsegling av de planerade anläggningarna vid Telegrafberget är mycket små. Sannolikhet för påsegling pga tekniska fel i fartygs roder har uppskattats kvantitativt.

För de flesta analyserade påseglingsscenarierna skyddas huskropparna från kontakt med påseglande fartyg genom en sprängstenspir som ligger framför husen. För ett av de tre planerade husen kan dock fartyg med stävöverhäng och storlek enligt det dimensionerande fartyget medföra att kontakt och inträngningsskador kan uppstå vid en vinkelrät påsegling mot kajen närmast huset. Den sammanvägda risknivån av sannolikhet för påsegling med kontakt och inträngningsskador och dess konsekvenser bedöms dock ändå vara låg och indikerar inga omedelbara behov av riskreducerande åtgärder.

Eftersom det är en relativt liten del av kajens utformning och bredd som innebär att ett av husen exponeras för en högre risknivå än övriga hus, kan det dock vara värt att överväga förutsättningar för förstärkning eller modifiering av det aktuella kajpartiet och dess påseglingsskyddande egenskaper.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	2
1 BAKGRUND	4
1.1 PÅSEGLINGSRISKER FÖR PLANERADE BYGGNADER OCH ANLÄGGNINGAR VID TELGRAFBERGET.....	4
1.2 MÅLSÄTTNING	4
1.3 GENOMFÖRANDE.....	4
1.4 UNDERLAG OCH PRÖVNINGSPROCESS	4
2 TERMINOLOGI OCH DEFINITIONER	5
2.1 RISKBEGREPPET	5
2.2 NÅGRA RISKTERMER	7
3 SYFTE OCH OMFATTNING AVGRÄNSNINGAR	8
3.1 STUDIENS OMFATTNING	8
3.2 AVGRÄNSNINGAR	8
4 OMRÅDESBESKRIVNING	10
4.1 SJÖTRAFIKBILD	10
4.2 PLANERADE BOSTADS- OCH KAJBYGGNADER.....	12
5 RISKIDENTIFIERING	14
5.1 IDENTIFIERADE MÖJLIGA OLYCKSTYPER FÖR TELEGRAFBERGET	14
6 RISKANALYS	17
6.1 SANNOLIKHET	18
6.2 KONSEKVENSER AV PÅSEGLING	26
6.3 SAMMANVÄGNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKVENSER	26
7 RISKVÄRDERING	28
7.1 KRITERIER.....	28
7.2 BERÄKNINGSNOGGRANNHET OCH OSÄKERHETSANALYS.....	28
7.3 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	29
8 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER	30
9 REFERENSER	31
BILAGA – Banplottar och diagram från simulering av påsegling med dimensionerande fartyg	33

1 BAKGRUND

1.1 Påseglingsrisker för planerade byggnader och anläggningar vid Telgrafberget

En ombyggnad av tidigare hamn och oljeterminal vid Telegrafberget på Ormingelandet vid Halvkakssundet mittemot Lidingö planeras. Befintliga kajanläggningar planeras byggas om och ge plats för en marina, befintliga byggnader kommer att byggas om för att bli innehålla kontors- och bostadsutrymmen och nya byggnader med bostäder kommer att byggas på platser där oljecisterner idag finns. Anläggningen ligger nära den tätt trafikerade farleden in till Stockholms hamn. Frågor kring risker för påsegling från passerande fartyg som kommer ur kurs har väckts, och den riskbedömning som presenteras i denna rapport är avsedd att närmare utreda och presentera riskerna.

1.2 Målsättning

Målet med studien är att ge kunden, stadsbyggnadskontoret och berörda konsulter ett objektivet underlag för bedömning och värdering av påseglingsriskerna för de planerade anläggningarna och i synnerhet för de nya bostadsbyggnaderna. Dokumentationen skall även kunna användas för att kommunicera risk- och säkerhetsaspekter med berörda externa myndigheter och övriga intressenter under samrådsprocessen. Resultaten skall även omfatta förslag till möjliga riskreducerande åtgärder. Genomförande och dokumentation kvalitets säkras så att krav på transparens i metodval, förutsättningar och noggrannhet uppfylls.

1.3 Genomförande

Under projektets genomförande har konsulten haft regelbunden kontakt och avstämning med kundens kontaktperson. För att säkerställa att kvalitetskraven uppfylls utförs vissa delmoment i nära samarbete med kunden, lokal nautisk expertis, kravställande myndigheter och övriga intressenter.

Simuleringsundersökningar har genomförts av SSPAs konsulter i Göteborg. Preliminära resultat har delgetts kunden för kommentarer och kompletteringar. Baserat på resultat från riskanalysprocessen och simuleringarna har dokumentation av delmoment, slutsatser och åtgärdsförslag sammanställts i rapportform.

1.4 Underlag och prövningsprocess

Konsulten har fått underlag såsom planförslag, situationsplan och djupinformation från kunden. Kajernas beskaffenhet och hållfasthet är uppskattade utifrån okulärbesiktning av blockstorlek, släntlutning och avstånd till berg.

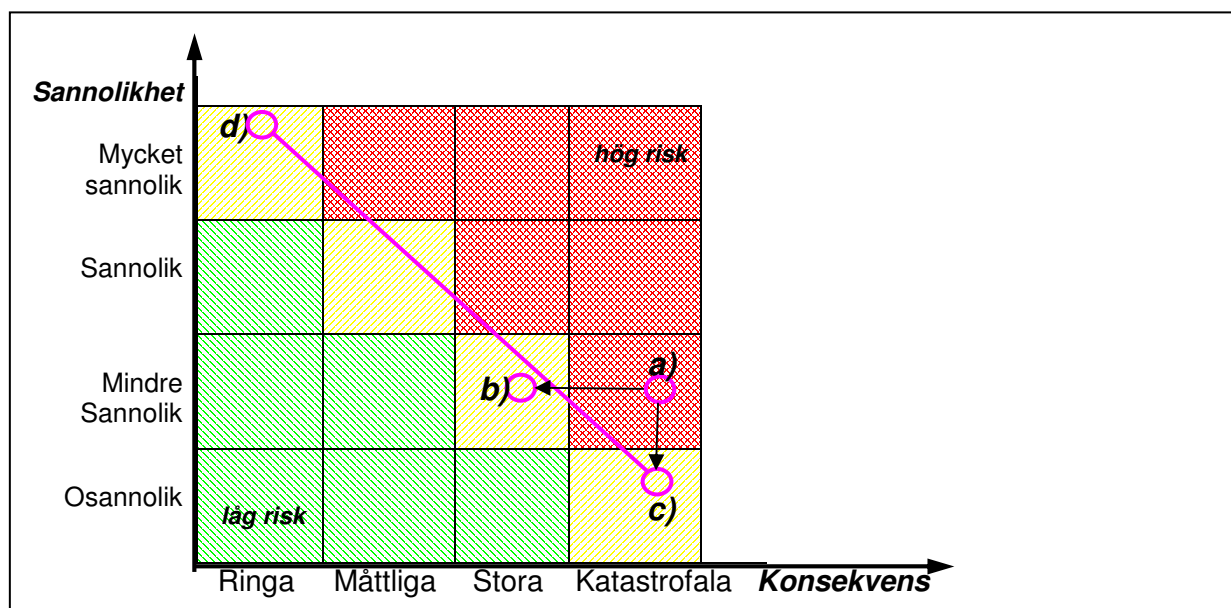
Uppgifter om sjötrafiken är hämtad från tidigare publicerad statistik från Sjöfartsverket samt från statistik och prognoser från Stockholms Hamn AB.

2 TERMINOLOGI OCH DEFINITIONER

2.1 Riskbegreppet

I många av samhällets planeringsfunktioner måste olika typer av risker hanteras. Vissa risker måste vi tolerera medan andra måste hanteras genom införande av riskreducerande åtgärder. Riskhantering berörs och krav på riskbedömning finns i flera olika lagrum, exempelvis i plan- och bygglagen (PBL, 1987:10), miljöbalken (1998:808), lag (2003:778) om skydd mot olyckor (2 kap 4 §), lag (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor (9 §) och förordning (2002:472) om åtgärder för fredstida krishantering och höjd beredskap.

I de flesta fall då risker i samhället analyseras på ett strukturerat sätt utgår man från att risk är ett uttryck för en sammanvägd värdering av *sannolikheten* för och *konsekvenserna* av en oönskad händelse. En brand eller annan skada i ett bostadshus är en oönskad händelse som ofta är förenad med skador eller dödsfall på människor, stora materiella skador och även miljöskador. Om risken betraktas som en produkt av sannolikheten för att en brand eller annan olycka inträffar och konsekvenserna av olyckan, kan ett antal olika olycksscenarioer analyseras och grafiskt representeras av punkter i en riskmatris enligt figuren nedan. Diagonallinjen från övre vänstra till nedre högra hörnet representerar en risknivå och olycksscenarioer som ligger på linjen kan sägas ha samma risk. Om ringen markerad med a) i matrisen representerar risken för en viss typ av olycka, exempelvis en brand, skulle effektiva konsekvensreducerande brandskyddsåtgärder tänkas förskjuta risken till markeringen b) så att olyckstypen därmed är förenad med lägre risk. Rent preventiva olycksförebyggande åtgärder och insatser riktade mot brandolyckor skulle innebära att punkten flyttas nedåt.



Figur 1 Principfigur riskmatris

I denna studie är det främst olyckssceneriet att ett passerande fartyg girar till en kurs så att kajanläggningar och byggnader kan påseglas och skadas, som identifierats som en specifik fara för projektet. Av särskilt intresse är sannolikheten för att byggnaderna med bostäder skall kunna påseglas och samhörande konsekvenser i form av skador och omkomna människor.

Sannolikheten för en viss oönskad händelse, exempelvis en påsegling av kajanläggningarna och byggnaderna kan anges som en förväntad frekvens per år eller omräknas till en förväntad returperiod – antal år som kan förväntas mellan olyckstillfällena. Svårighetsgraden av olyckans konsekvenser kan i detta fall anges som antal skadade/dödsfall per olyckstillfälle. Olika typer av olyckshändelser, som vid en analys bedöms ligga på samma risknivå, definierad av en diagonal enligt figuren ovan, kan innebära att enstaka människor omkommer vid ett flertal olyckstillfällen, punkt d) medan punkt c) representerar en olyckstyp med flera dödsfall vid få enstaka olyckstillfällen. Det kan här också noteras att, även om punkterna d) och c) på lång sikt representerar lika många dödsfall per år, så finns i samhället en aversion mot olyckor med svåra konsekvenser, dvs att det kan vara lättare att tolerera olyckor som representeras av punkt d) än av punkt c). Vid formulering av acceptanskriterier, dvs gränsdragning mellan tolerabla och icke tolerabla risker, kan detta återspeglas av acceptanskriterier formulerade av diagonaler som i figuren ovan men med brantare lutning. För de här aktuella olycksriskerna för bostadshus finns dock inga etablerade acceptanskriterier i Sverige.

2.2 Några risktermer

Vid riskbedömningar och analyser används ett flertal ord och specialtermer med särskild betydelse. Definitionerna nedan är ett urval hämtade från SRV [1].

Risk - eller skadeförväntan avser dels sannolikheten inom viss tidsrymd för möjliga skadehändelser (eller förväntad frekvens) i samband med viss hantering, och dels konsekvenserna av dessa skadehändelser.

Riskälla - eller fara är en egenskap i ett system vilken innebär att en skadehändelse kan inträffa.

Riskmatris - består av frekvens- och konsekvenskategorier. Matrisen utgör ett hjälpmedel för värdering av risk.

Riskanalys - innebär en systematisk identifiering av riskkällor i ett definierat (avgränsat) system (en viss hantering), samt en uppskattning/bedömning av risken som är förknippade med dessa.

Riskaversion - innebär en önskan att undvika stora olyckor, detta innebär t ex att ett större antal olyckor med mindre konsekvenser föredras framför ett fåtal olyckor med stora konsekvenser även om det totala utfallet (t ex i form av antal omkomna) är det samma i de två fallen.

Riskbedömning - innebär en uppskattning av frekvens/sannolikhet för en viss skadehändelse samt graden av allvarlighet av denna skadehändelse.

Riskvärdering - utgör en samlad värdering av tolerabiliteten av en risk med samtidig hänsyn tagen till riskens storlek, verksamhetens nytta och osäkerheter i riskuppskattningen.

Skadebegränsande åtgärder - är sådana åtgärder som minskar konsekvenserna av skadehändelser (störning/olycka). Dessa åtgärder kan vidtas såväl innan som efter det att en störning eller olycka skett.

Skadeförebyggande åtgärder - är sådana organisatoriska, tekniska och operativa åtgärder som minskar sannolikheten för skadehändelser.

Individrisk - oftast risken att omkomma i en olycka. Uttrycks vanligen som risk per år.

Samhällsrisk - också kollektiv risk, inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk även om detta bara sker vid enstaka tillfällen. Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan frekvensen av en aktivitets olyckor och de konsekvenser som uppstår. Vanligtvis avses risk för omkomna under ett år. Med "samhällsrisk" avses ofta risker för allmänheten.

3 SYFTE OCH OMFATTNING AVGRÄNSNINGAR

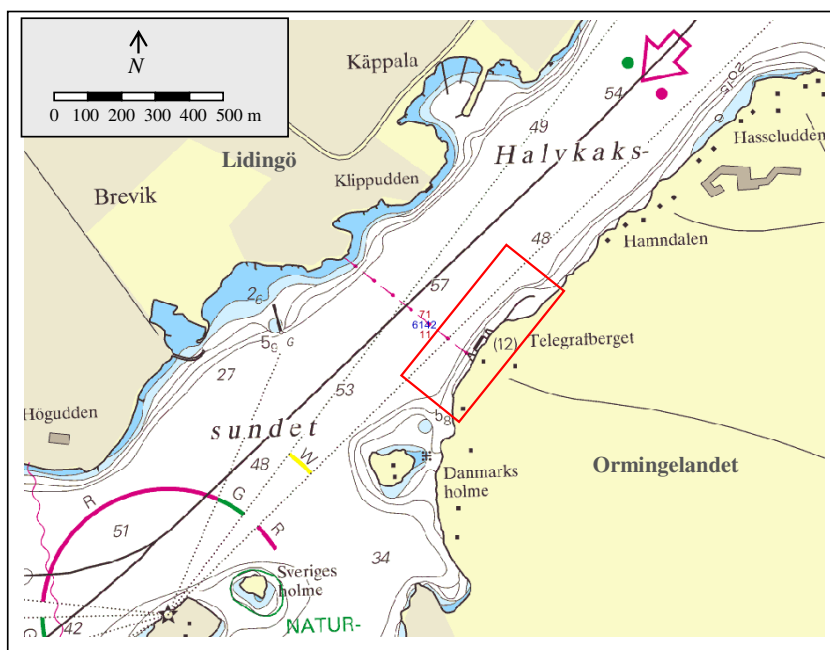
3.1 Studiens omfattning

Studien fokuseras på risker för människors hälsa och liv och hur påseglingens risker påverkar riskbilden i stort samt riskerna för individer som vistas i de exponerade flerfamiljshusen.

3.2 Avgränsningar

Geografisk avgränsning

Geografiskt avgränsas de studerade riskerna till området vid Telegrafberget och de omgivande vattnen, i nordväst avgränsat av strandlinjen mot Lidingölandet, i nordost av ett största avstånd från Telegrafberget där en potentiell påsegling skulle kunna påbörjas och på motsvarande sätt i sydväst. Aktuellt vattenområde motsvarar väsentligen det som återges i sjökortsutdrag i figuren nedan, där även platsen för de planerade byggnaderna och anläggningarna markerats med röd rektangel.



Figur 2 Sjökortsutdrag, geografisk avgränsning och anläggningsområde

Tidshorisont

Riskanalysen utgår från idag rådande förutsättningar men beaktar även förväntade förändringar som eventuellt skulle kunna påverka riskerna under byggnadernas livslängd, dvs storleksordningen 50 – 100 år. Förändring av sjötrafikens omfattning är en av de faktorer som i någon mån kan påverka riskerna på lång sikt.

Riskaspekter

Beroende på ur vems perspektiv riskerna betraktas kan följande alternativ identifieras:

- Risker för anläggningar, bostäder och boende pga sjöfarten.
- Risker för sjöfarten pga av kajanläggningar och bostäder.

I första hand är det riskerna för att anläggningar och byggnader med bostäder skall skadas genom påsegling som är föremål för riskanalysen. Risker för sjöfarten skulle kunna tänkas uppstå om kajanläggningar och byggnader uppfördes så att de inkräktar på det för den passerande sjötrafiken tillgängliga utrymmet. Av planerna framgår dock klart att kajanläggningar och pontonbryggor inte kommer att sträcka sig längre ut mot farleden än vad som är fallet om ett tankfartyg förtöjs vid den existerande kajanläggningen. Trafikmönster för de båtar och mindre fartyg som trafikerar vattenområdet i omedelbar närhet av kajanläggningarna bedöms inte heller nämnvärt påverkas av de nya kajanläggningarna med flytande pontoner, vilka därmed inte heller bidrar till någon förtätning eller ökad kollisionsrisk i det passerande sjötrafikstråket. Förutom sådana direkta risker för sjöfarten kan man även beakta eventuella indirekta risker att sjöfarten skulle åläggas inskränkningar pga möjliga påseglingsrisker.

Analysen fokuseras på riskaspekter relaterade till människors liv och hälsa på sådana platser där människor stadigvarande vistas. Dessa platser utgörs främst av tre planerade flerfamiljshus med bostadslägenheter i sju av totalt nio våningsplan. På det aktuella kajområdet planeras även en separat restaurangbyggnad, ett båthus med kontorsutrymmen samt ett enfamiljshus. I restaurangbyggnaden, båthuset och i de i hamnen förtöjda båtarna, antas att människor inte vistas varaktigt och därför bedöms inte påseglingsriskerna för dessa behöva analyseras i detalj.

Egendomsskador, eventuella miljöskador eller infrastrukturella förluster till följd av påseglingsolyckor har därför inte belysts vid analys av olyckskonsekvenser. Det kan dock noteras att vid en påsegling mot pontonen eller bakomvarande kajslänt kan oljeutsläpp ske från skadade bunkertankar i fartyget men eftersom de nya anläggningarnas tillkomst vare sig påverkar påseglingssannolikhet eller dess miljökonsekvenser, har risker för oljeutsläpp inte varit föremål för riskanalys under prövningsprocessen.

Endast risker för oavsiktliga påseglingsolyckor berörs och således ej sabotage eller terrorhandlingar.

Projektfaser av planerad bostadsbyggande

Riskanalysen omfattar de påseglingsrisker som kan uppträda under den fas då kajanläggningar färdigställts och fastigheterna nyttjas som bostäder. Påseglingsrisker uppträder även under byggnadsfasen liksom under en framtida rivningsfas. Eftersom dessa faser är förhållandevis korta jämfört med bostadshusens effektiva livslängd och riskerna vid en möjlig påsegling inte bedöms väsentligt avvika från de under byggnadens nyttjandefas, görs inga särskilda analyser för dessa faser.

4 OMRÅDESBESKRIVNING

4.1 Sjötrafikbild

Farled och restriktioner

Det största tillåtna fartygsdjupgåendet för fartyg som via Sandhamnsleden passerar Halvkakssundet på väg till eller från Stockholm är 11 m. Längsta tillåtna fartyglängd är 175 m utan restriktioner och 245 m vid dagsljus och god sikt. Fartyg över 200 m måste inkomma med redogörelse för manöveregenskaper. Över 245 m måste de testas och eller simuleras innan bedömning kan göras. Ett kryssningsfartyg med längd 311 m, bredd 49 m och 140 000 ton displacement har tagits in under sommaren 2007 och särskilt för kryssningstonaget finns en tendens till ökande storlekar.

Fartbegränsningar regleras i Länsstyrelsens föreskrifter om sjötrafik mm (01FS 2001:138). Den yttre delen av Sandhamnsleden tillåter högst 12 knop medan 8 knop gäller vid Oxdjupet och vid Langnögrund-Bergholmen-Kungarna. I Halvkakssundet mellan Blockhusuddens fyr Höggarnsfjärden får skepp (fartyg större än 12 m längd och 4 m bredd) framföras i högst 12 knop. Inom Stockholms hamnområde väst Blockhusudden gäller generellt högst 7 knop, medan fartyg med bruttodräktighet under 400 får framföras i högst 12 knop.

Halvkakssundet är, vid Telegrafberget, ca 500 m brett och avståndet mellan farledens mittlinje och kajanläggningen är ca 250 m. Vattendjupet är omkring 50 m i Halvkakssundet och djupet medger även att stora fartyg på väg ut från Stockholm kan passera Telegrafbergets kajanläggningar på ca 100 m avstånd. Den vita fyrsektorn från Kungshamn fyr ligger enligt sjökortet ca 60 m utanför Telegrafbergets nuvarande kaj.

Fartygstrafik

Alla större fartyg som trafikerar Stockholms hamn från Östersjön passerar Halvkakssundet. I sundets sydvästra delas trafiken upp i olika flöden till hamnarna i Värtan respektive hamnarna vid Stadsgården och Skeppsbron.

De största fartygen är normalt Finlandsfärjorna som också numerärt utgör en dominerande del av trafiken. Under sommarhalvåret tillkommer även större kryssningsfartyg med längder upptill 295 m och ett djupgående av 8-8,5 m.

Enligt Sjöfartsverkets statistik över anmälningspliktiga fartyg (alla fartyg över 50 m längd eller bruttodräktighet över 300) uppgick det totala antalet passager i ost- och västgående riktning till 9 503 under 2001. Av dessa utgjorde 85% färjor med omkring 175 m längd. Tabellen nedan anger även den registrerade trafiken uppdelad i torrlastfartyg (inklusive kryssningsfartyg) och tankfartyg (siffror inom parantes gäller år 2000)

Tabell 1 Fartygstrafik - registrerade passager fartyg > 50 m. Passagera i kolumnerna Stockholm och Granholmen passerar även Telegrafholmen, [Sjöfartsverket 2002].

Antal registrerade passager, avgångar/ankomster under åren 2001 och (2000)					
Fartygs-kategori	Stockholm	Granholmen *, Värmdö Garpen	Sandhamns- leden	Tjärven, ** (Furusunds- leden)	Kapell- skär
Färjor	7965 (8 552)	7 965 (8 852)	421 (1 158)	12 718 (11 895)	5 421 (4 512)
Torrlast- fartyg	957 (1 143)	957 (1 143)	734 (855)	228 (263)	9 (6)
Tankfartyg	581 (573)	581 (573)	562 (547)	23 (15)	- (-)
Totalt	9 503 (10 268)	9 503 (10 268)	1 717 (2 560)	13 069 (12 173)	5 430 (4 518)
* Granholmen, Värmdö Garpen, Furuålet och Gröna jägarn ** Väst och syd om Tjärven					

Fr.o.m. år 2006 har Sjöfartsverkets registrerat passager av fartyg utrustade med AIS (Automatic Identification System). Krav på AIS fanns då på alla passagerarfartyg, alla tankfartyg samt alla övriga fartyg i internationell trafik över 300 brutto och nationell trafik över 500 brutto, men även andra fartyg, exempelvis mindre lotsbåtar, har AIS. Sjöfartsverket har verktyg för att bearbeta insamlad AIS-information statistiskt och kan exempelvis presentera passagera förbi Telegrafholmen med histogram där man kan avläsa vilka avstånd som olika fartygsstorlekar normalt passerar Telegrafholmen på.

Framtida sjötrafik – prognoser

Hamnens prognoser för långsiktig framtida trafikutveckling är osäkra, men en indikation kan ges av att man för verksamhetsprövningen enligt miljöbalken avser söka för en verksamhet där antalet anlöp till de tillståndspliktiga kajerna i Stadsgården - Skeppsbron, Värtan – Frihamnen, Loudden, Södra Hammarbyhamnen samt Nybrokajen, kan öka från totalt ca 4 855 år 2003 till ca 8 500 år 2020.

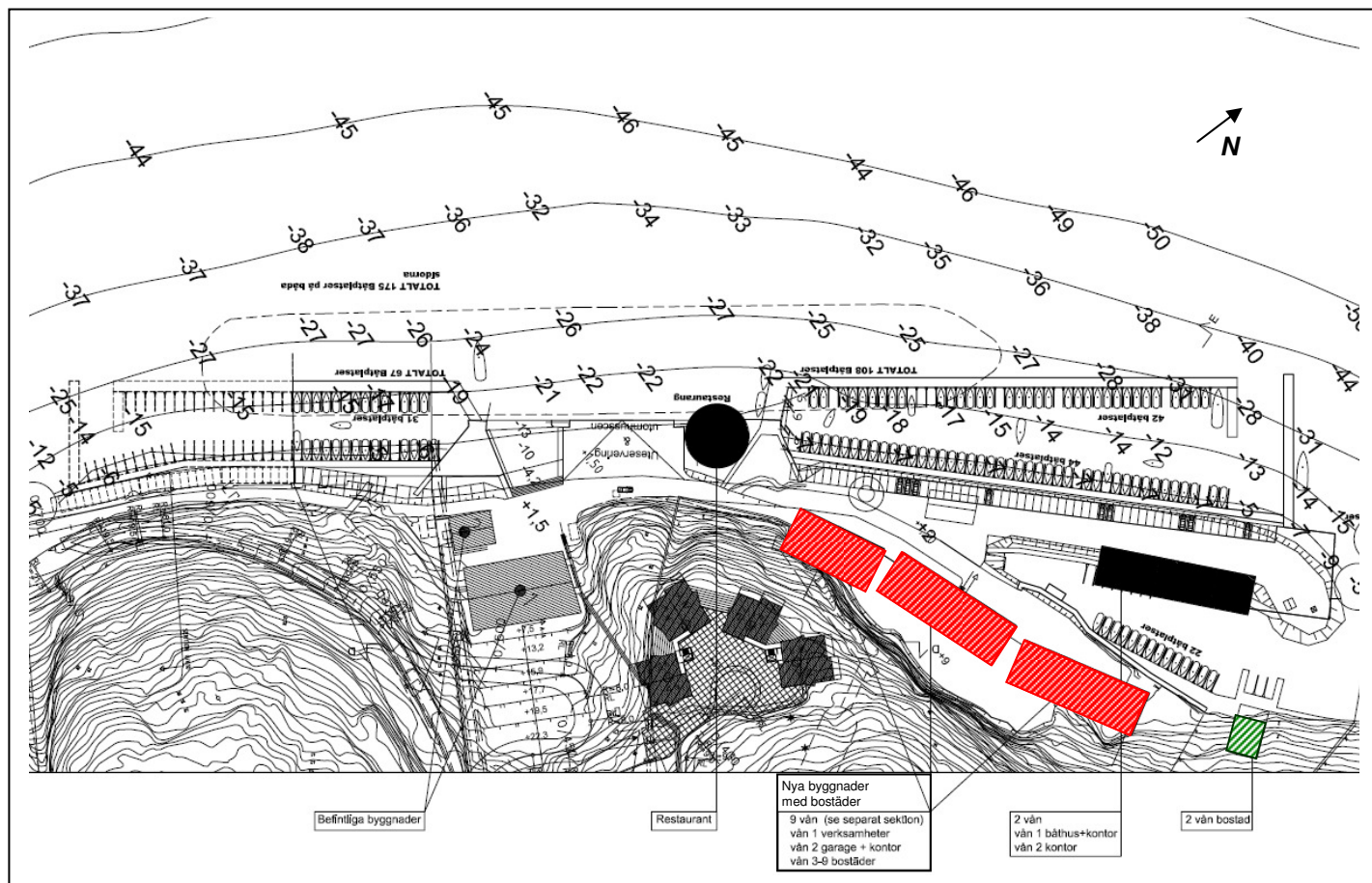
Färjetrafiken bedöms fortsatt ha en dominerande roll med ca 10 – 12 dagliga anlöp och en årlig ökning av passagerarantalet om ca 1 – 2 %. Louddens avveckling till 2011 innebär att ca 150 årliga tankfartygsanlöp försvinner och om planerna på en ny containerterminal i Norvikudden förverkligas, innebär det att ytterligare drygt 100 anlöp per år försvinner.

Antalet anlöp med internationella kryssningsfartyg beräknas till 280 för år 2008 och bedöms kunna öka till ca 350 anlöp för år 2020.

Trafikinformation

Alla fartyg med en längd överstigande 50 m eller bruttodräktighet över 300 måste rapportera rörelser i Stockholmsområdet till VTS (Sjötrafikinformationscentralen) i Södertälje. Detta innebär att de tar kontakt med VTS före avgång från kaj och innan de går in i skärgården från Östersjön. Fartygets namn, storlek, färdväg och destination rapporteras in. Detta innebär att VTS kan informera fartyg i området om var de kan få möten och andra faror att ta hänsyn till.

4.2 Planerade bostads- och kajbyggnader



Figur 3 Telegrafberget, situationsplan med förslag till marina och husbyggnad. Utdrag ritning från Ahlqvist & Almqvist Arkitekter AB.

Den streckade fartygskonturen i figuren ovan anger läget av oljetankfartyg som ligger förtöjt vid den f.d. oljeterminalens kajanläggning. De tre huskropparna som skall inrymma bostadslägenheter och för vilka påseglingsriskerna uppskattas, är markerade i rött.

Tre stycken byggnader i nio våningar planeras att uppföras innanför kajkanten nära bergväggen där det idag finns fyra cisterner. Framför byggnaderna finns kajtytor av varierande bredd som huvudsakligen antas bestå av sprängsten med en hårdgjord yta för körväg, parkeringsplatser mm. Den sydvästligaste byggnadens västra hörn är beläget ca 15 m innanför kajkanten som avslutas med en relativt brant stenslännt med bryggöverbyggnad i trä. Av planen framgår även att en smal kilformig spets av slänten når in ca 10 m från huskroppens hörn. Den nordostligaste byggnadens norra hörn är beläget endast ca 5 m från kajsläntens övre kant men utanför denna kajdel finns även en yttre pir som antas vara utförd på motsvarande sätt och som har en bredd av ca 15 m. Byggnaderna och fasaderna häremellan är samtliga belägna så att de har en bredare del av kajyta framför sig och därmed framstår det västra hörnet av den sydvästligaste byggnaden som det mest kritiska vad avser skyddande barriär av kaj vid en eventuell påsegling.

Ca 30 m nordost om det nordostligaste flerfamiljshuset är också ett enfamiljshus inplanerat. Huset är markerat med mörkgrön färg i figuren ovan. Även detta hus är beläget endast 5-10 m från kajkanten men skyddas från påsegling från nordväst av den yttre sprängstenspiren.

Utanför sprängstenspiren finns dessutom en flytbrygga utförd med flytande betongpontoner av betydande storlek och som också kan ge visst bidrag till energiupptagning vid ett eventuellt påseglingsscenario. Den energiupptagande effekten av denna pontonbrygga beaktas dock ej i denna rapport.

5 RISKIDENTIFIERING

Olyckor genom plötsliga tekniska fel eller felmanövrer vid framförande av fartygen på raka farledssträckor utan korsande trafik eller kajer i närheten är ovanliga och enligt Sjöfartsverkets statistik (till år 2000) har inga sådana olyckor inträffat i farlederna in till Stockholm. Från Södertälje kanal rapporterades Juldagen 2003 en olycka då ett fartyg pga ett tekniskt fel som gjorde att maskin bara gick back varvid fartyget gick i kanalbankens slänt.

Det är inte känt att det inträffat någon specifik olycka där fartyg seglat på och allvarligt skadat bostadsfastigheter i Sverige eller utomlands.

5.1 Identifierade möjliga olyckstyper för Telegrafberget

Påsegling

Utifrån redovisade avgränsningar har olyckstyper och scenarier identifierats där påsegling av fartyg skulle kunna tänkas leda till skador på kajanläggningarna, byggnaderna och boende i husen.

Påsegling av kajanläggningarna och byggnaderna kan tänkas ske genom:

i) Oönskad gir till påseglingkurs mot de bebyggda kajerna vid passage av Halvkakssundet. En sådan gir kan tänkas orsakas av tekniska fel såsom:

- a) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag
- b) Blackout, bortfall av framdrivning och kraftförsörjning ombord
- c) Fel i styr- och reglersystem kan ge fel respons från reglage på bryggan

Eller genom:

ii) Oavsiktlig avvikelser från korrekt kurs som innebär påseglingkurs och som inte upptäcks och korrigeras eller inte kan korrigeras i tid. En sådan kursavvikelse kan tänkas orsakas av mänskliga misstag och/eller yttre omständigheter såsom:

- d) Felnavigering
- e) Begränsad sikt
- f) För hög hastighet
- g) Oväntat möte eller väjningsmanöver
- h) Kollision med annat fartyg
- i) Begränsad manöverförmåga orsakad av is
- j) Påverkan av extrem strömsättning
- k) Påverkan av extrema vindförhållanden
- l) Olyckshändelser relaterade till lasten ombord

Eller genom:

iii) Oönskat bortfall av framdrivning varvid fartyget driver sidledes mot de bebyggda kajerna. Bortfall av framdrivning kan orsakas av tekniska fel såsom:

- m) Blackout, bortfall av framdrivning och kraftförsörjning ombord
- n) Brott på bogsertröss till bogserat fartyg eller pråm

Olyckor med större respektive mindre fartyg

Det är framförallt de större fartygen som kan innebära fara för anläggningar och byggnader eftersom deras rörelseenergi är väsentligt större än mindre fartyg och båtar.

Även olyckor med båtar i bassängen innanför den norra sprängstenspiren och innanför flytbryggan på utsidan kan tänkas utsätta anläggningar och de närbelägna byggnaderna för fara. Explosion eller brand kan tänkas uppstå i en båt förtöjd i marinan men dessa faror kan inte relateras till påsegling och behandlas ej av denna analys.

Olyckstyper prioriterade för vidare analys

Av de ovan identifierade olyckstyperna har riskerna förenade en oönskad påsegling orsakad av tekniska fel i-a), i-b) och i-c) enligt ovan, bedömts viktiga för fortsatt analys.

Eftersom det är känt att mänskliga fel är vanligare orsaker till fartygsolyckor än tekniska fel, kan risker för oavsiktliga kursavvikelser orsakade av mänskliga misstag och/eller yttre omständigheter (ii) inte helt uteslutas även om det, med hänsyn till områdets topografi, farledens riktning och byggnadernas placering endast svårligen går att finna möjliga felaktiga passagekurser som skulle kunna leda till påsegling. Farleden till Stockholm är en slingrig och tät trafikerad led som kräver kontinuerligt hög uppmärksamhet och risken att somna är mindre här än till sjöss i öppet vatten. Den aktuella passagen är rak, väl markerad och lättnavigerad varför allvarliga navigationsfel med så stora kursavvikelser som krävs för att komma på påseglingkurs bedöms osannolika. Dock finns ett fåtal vinkelsektorer i nordost inom vilka en felaktig kurs skulle kunna tänkas leda till påsegling utan att den yttre sprängstenspiren först penetreras.

Av de listade orsakerna bedöms;

ii-d) felnavigering,

ii-g) oväntade väjningsmanövrar och

ii-k) inverkan av extrema vindsituationer

vara mer sannolika än övriga och därmed värda att uppmärksamma för vidare analys.

För de övriga listade möjliga orsakerna kan noteras att:

ii-e) begränsad sikt, dimma, nederbörd och mörker begränsar möjligheter till visuell navigering men alla stora fartyg har radar och andra hjälpmedel för att underlätta säker navigering i dålig sikt och mörker.

ii-f) för hög fart – Alla stora fartyg förutsätts framföras med högst den maximalt tillåtna farten vilket inte innebär svårigheter för kurshållningen.

ii-h) kollision – en kollision med ett annat fartyg kan tänkas bringa fartyget ur kurs men en kraftig kursavvikelse innebär också en kraftig fartreduktion och därmed små konsekvenser vid en eventuell påsegling.

ii-i) is - is är sällsynt i området och bidrar inte väsentligt till att föra fartyg ur kurs. Skulle isräna vara bruten, så förhindrar eller minskar den kringliggande isen rörelse mot kajanläggningarna.

ii-j) ström - strömmarna i området är för svaga för att kunna störa den satta kursen. Områdets topografi gör att riktningen av eventuell ström antingen är nordostgående eller sydvästgående och således inte driver fartyget tvärs leden.

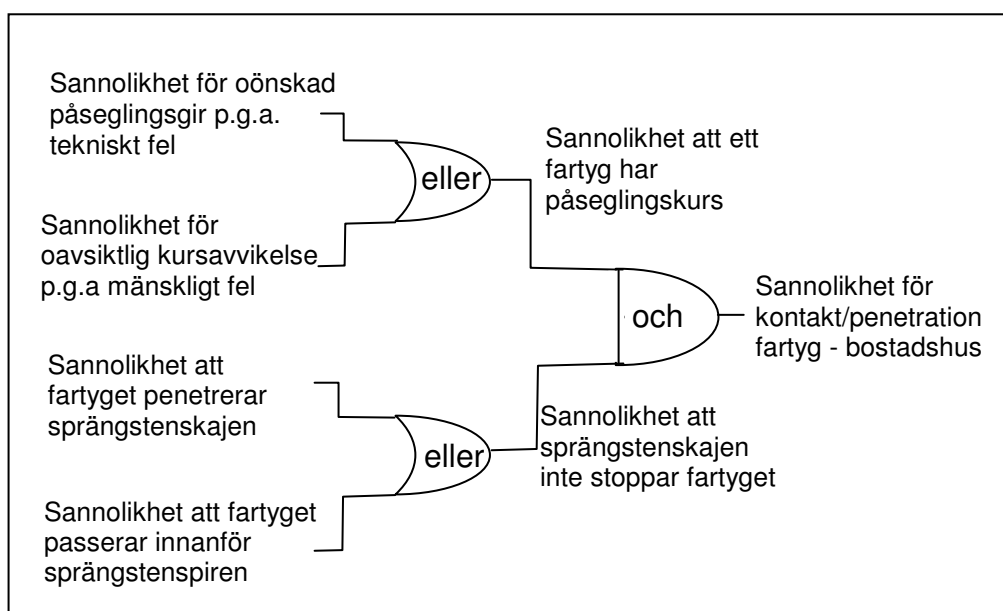
ii-l) last - farligt gods kan transporteras i förpackad form med färjorna lastade i trailers eller som bulk gods i last- eller tankfartyg. Brand, utsläpp av farliga ämnen eller förskjutning av lasten skulle kunna tänkas ge kursavvikelser. Risken för lastförskjutningar är dock liten i skärgårdsfarvatten som detta utan sjögång.

Beträffande risker för att drivande fartyg (iii) skall driva mot och skada kajanläggningar och byggnader kan noteras att bland möjliga orsaker finns m) Blackout, vilket för olyckstyp i-b) bedöms vara relativt sannolikt. Däremot bedöms konsekvenserna, och därmed även den sammanvägda risken, av en kontakt/grundstötning med ett drivande fartyg vara betydligt mindre allvarliga för personer i byggnaden än vid en påsegling med framdriftsmaskinen igång och då fartygets stäv riktas mot byggnaden. För olyckstyp iii-n) då ett bogserat fartyg eller pråmsläp tappas och driver med sidan i riktning mot kajanläggningarna kan konsekvenserna också förväntas bli små jämfört med påsegling med fören. Alla större fartyg som i hård vind kan antas uppnå en maximal drifhastighet av tre knop och som träffar kajanläggningarna med sidan utan att eventuella överhäng kommer nära byggnaderna, kommer inte att penetrera kajanläggningarna. Av dessa skäl är inte drivande fartyg (iii) föremål för vidare analys.

6 RISKANALYS

De i föregående kapitel prioriterade olyckstyperna i-a), i-b) och i-c) samt ii-d), ii-g) och ii-k) analyseras nedan med avseende på sannolikhet och konsekvens.

För att förtydliga orsaks- och konsekvenssambanden i analysen kan de prioriterade olyckstyperna sammanfattas som händelser som innebär kontakt mellan fartyg och byggnad. Sannolikheten för sådana händelser och effekten av olycksförebyggande åtgärder kan då illustreras av ett förenklat felträd medan konsekvensanalysen beskriver de konsekvenser, vad avser människor i byggnaderna, som kan uppstå vid olika typ och omfattning av kontakten.



Figur 4 Förenklat schematiskt felträd för sannolikheten av att byggnaderna påseglas

Villkoren i felträdet ovan innebär att sannolikheten för sluthändelsen kontakt/penetration mellan fartyg och byggnader är en *produkt* (villkorssymbolen ”och”) av sannolikheterna för att sprängstenskajen inte stoppar fartyget och att ett fartyg har kollisionskurs. De senare respektive sannolikheterna är sin tur *summan* av de två sannolikheterna som anges till vänster om villkorssymbolerna märkta ”eller”.

Eftersom trafiken med de större färjorna utgör en dominerande andel (ca 85 %) av den totala fartygstrafiken i Halvkakssundet väljs ett fartyg med dimensioner som svarar mot en av de största färjorna som dimensionerande fartyg för beräkning av påseglingssannolikhet och konsekvenser nedan. Det dimensionerande fartyget har följande dimensioner:

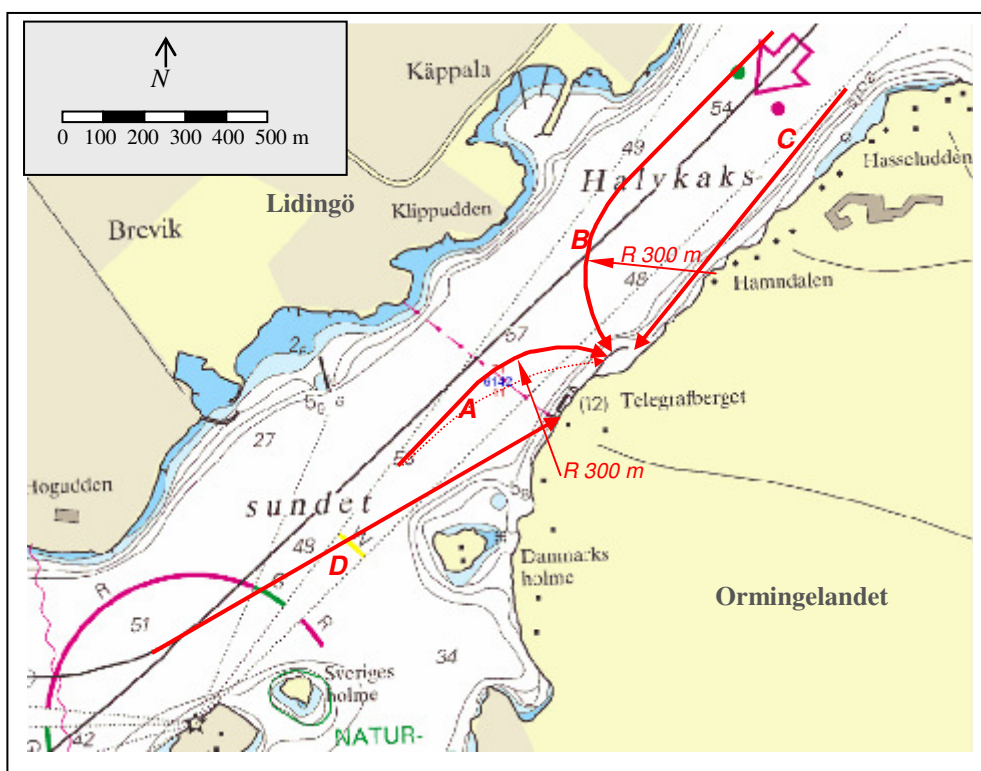
Längd 203 m, Bredd 31,5 m, Djupgående 7,1 m och displacement 26 728 m³.

6.1 Sannolikhet

Sannolikhet att ett fartyg har påseglingkurs

i) Sannolikhet för oönskad påseglingssgir orsakad av tekniska fel typ i-a), i- b) och i-c) – för större fartyg

Tekniska fel av typ i-a) - Bortfall av styrfunktion eller låsning av styrorgan i maximalt utslag hos passerande fartyg, skulle under ogynnsamma omständigheter kunna leda till en oönskad påseglingssgir enligt pilen markerad med A för nordostgående fartyg och med B, för sydvästgående fartyg enligt figuren nedan. Pilen C markerar en möjlig oavsiktlig kursavvikelse som innebär att fartyget kan passera innanför sprängstenspiren. Pilen D markerar en oavsiktlig kursavvikelse som innebär att fartyget inte fullföljer avsedd gir ut ur Värtan utan i stället fortsätter utan framdrivning och roderkontroll.



Figur 5 Möjliga påseglingsskurser

Beroende på fartygsstorlek och styrarrangemangens utformning har olika fartyg olika minsta girraddie. Ett fartyg med konventionellt roder och propellerarrangemang har vanligen en minsta girraddie av storleksordningen 1,5 gånger fartygets vattenlinjelängd. Flera moderna fartygstyper, exempelvis många större kryssningsfartyg, är utrustade med s.k. azipod-arrangemang där propellrarna är monterade på vridbara stativ så att själva propelleraxeln, likt en aktersnurra, kan vridas till valfri vinkel i förhållande till långskeppslinjen och därmed ge större girmoment och snävare girraddie.

För ett stort fartyg, med en vattenlinjelängd av ca 200 m, utrustat med konventionellt roder innebär sambanden ovan att en minsta girradie blir omkring 300 m och för att fartyget skall kunna hamna i en påseglingsgir med fullt roderutslag måste felet enligt figuren ovan för ett nordostgående fartyg uppstå omkring 500 - 300 m innan passagen av kajanläggningen (pil A). För sydvästgående fartyg är motsvarande kritiska sträcka 700 – 300 m (pil B). Med en fart av 12 knop (6,2 m/s) innebär detta att den kritiska passageperioden är ca 1 minut och att man vid en oönskad gir har ca 1-2 minuter på sig att stoppa fartyget. Detta kan för vissa fartygstyper vara fullt möjligt genom att slå full back och eller genom störtankring med fartygets ankare.

För ett fartyg med azipod-arrangemang skulle ett tekniskt fel som ger maximal gir och påseglingskurs kunna ske närmare passagen, och därmed med kortare tidsmarginal för stoppmanöver eller störtankring. Det skall dock noteras att ju snävare giren blir desto större blir också fartreduktionen i giren. Om pådraget minskas eller propellern reverseras reduceras dock girmomentet väsentligt även om azipod-aggregaten låsts i läge för maximal gir.

Tekniska fel typ i-a) som innebär att styrarrangemang låser sig i fullt utslag är mycket ovanliga. Sannolikheten för tekniska fel av typ "black out" då fartyget blir strömlöst för en kortare eller längre tid och som innebär att framdrivningen upphör kan uppskattas genom empiriska data och anges ofta till storleksordningen $2 \cdot 10^{-4}$ per timme [SSPA 2007]. Tekniska fel som medför att rodren läggs dikt är betydligt ovanligare och mängden empiriska data är begränsad men Germanische Lloyd [GL 2003] refererar en undersökning som anger en sannolikhet för roderfel på $1 \cdot 10^{-5}$ per timme. Sannolikheten att få fullt roderutslag åt ena hållet (babord för sydvästgående respektive styrbord för nordostgående fartyg) kan då antas uppgå till $0,5 \cdot 10^{-5}$ per timme. För att ett sådant roderfel skall leda till påseglingskurs måste det uppstå under en passagetid som motsvarar längden av den påseglingskritiska strukturen. Med dessa antaganden blir sannolikheten för att det uppstår under den kritiska delen av en fartygspassage förbi Telegrafberget $4,5 \cdot 10^{-8}$ per fartygspassage. Med 10 000 passager per år fås då en förväntad returperiod för påseglingskurs av 2 000 år.

Med hänsyn till den tidsmarginal som passageavståndet och fartreduktion i giren medger för att stoppa fartyget bedöms uppskattningen vara konservativ och sannolikheten för att en oönskad gir pga av roderfel leder till påseglingskurs som mycket liten.

Tekniska fel av typ i-b) blackout bedöms enligt ovan förekomma mer frekvent än fel med oönskade maximala roderutslag. Bortfall av framdrivning ger fartreduktion men inga drastiska kursförändringar och i en skärgårdsled kan fartyget stoppas genom störtankring för att förhindra att det driver på grund. Med hänsyn till normala passageavstånd samt farledens riktning i förhållande till läget av kajanläggningarna bedöms sannolikheten för att en blackout med bortfall av framdrivning och kraftförsörjning skulle leda till en påseglingskurs som mycket liten. Passerande fartyg, har inte vid något tillfälle eller i någon position kursriktning mot Telegrafberget utom möjligen fartyg från Värtan i babordsgir mot Halvkakssundet (pil D) enligt figuren ovan. För detta scenario (pil D) antas fartyget ha förlorat både framdrivning och styrförmåga under giren ut ur Värtan då farten kan antas var ca 8 knop. Sträckan fram till den skissade påseglingspunkten är ca 1 200 m och fartygets fart kan under dessa villkor uppskattas ha sjunkit till ca 4 knop och påseglingsvinkeln är relativt flack mot kajen (ca 30 – 40 grader). Med hänsyn till

sannolikheten för att ett sådant fel skall uppstå och till den tidsrymd som finns för åtgärder som störtankring eller start av nödstyrning samt den relativt låga kollisionshastigheten, bedöms risken för påseglingsskador på byggnaderna vara mycket små.

Tekniska fel av typ i-c) Fel i styr- och reglersystem kan ge olika typer av oönskad respons och reaktion i fartyget men fallet med låsning av maximalt roderutslag kan betraktas som det mest kritiska specialfallet vad avser påsegling.

ii) Sannolikhet för oavsiktliga kursavvikelser orsakade av felnavigering, ii-d eller mänskliga misstag i samband med ii-g) oväntade väjningsmanövrar och ii-h) inverkan av extrema vädersituationer

Scenarierna enligt pil D och C i figuren ovan kan också representera två möjliga oavsiktliga kursavvikelser pga av felnavigering, ii-d) som, om de inte upptäcks och korrigeras i tid leder till påsegling av kajanläggningarna vid Telegrafholmen. I fallet D hävs babordsgiren för tidigt innan fartyget kommit in på önskad kurs och i C hävs babordsgiren vid Granholmen för sent så att fartyget läggs på kollisionkurs mot Telegrafholmen. Med hänsyn till trafikintensiteten och den vaksamhet som krävs i denna typ av skärgårdsfarled samt till den väl synliga landkonturen bedöms sannolikheten för att en felnavigering av denna typ inte skulle upptäckas och korrigeras inom det tidsintervall som motsvaras av avståndet från giren till Telegrafholmen, som mycket liten.

Den täta trafiken med både stora fartyg och mindre båtar i Halvkakssundet innebär att situationer kan uppstå då oplanerade väjningsmanövrar måste göras för att undvika kollisioner, ii-g). Vid sådana manövrar avviker fartyget temporärt från sin kurs. Om kursavvikelsen av någon anledning, mänskliga misstag, påverkan av yttre väderfaktorer eller otillräckligt manöverutrymme, inte korrigeras eller inte kan korrigeras, skulle situationer med påsegling mot Telegrafbergets kajanläggningar kunna uppstå. Påseglingsskurser med motsvarande riktningar som de vid maximalt roderutslag skulle kunna uppstå eller andra påseglingsskurser med flackare kontaktvinkel mot sprängstenspiren. Sådana oplanerade väjningsmanövrar är sannolikt även förenade med fartminskande åtgärder – man slår back för att minimera eventuella kollisionsskador.

Situationer med påverkan av extrema vindförhållanden, ii-k) som skulle kunna leda till påsegling kan tänkas uppstå i mycket hård sidvind så att fartyget driver ned mot kajanläggningarna. En eventuell påsegling sker i så fall snarast som en glidande kontakt med låg tvärhastighet. Ett särfall av oavsiktlig kursavvikelse pga av hård sidvind skulle kunna representeras av fall C i figuren ovan då fartyget möjligen skulle kunna tränga in i öppningen i bassängen innanför sprängstenspiren. Sannolikt skulle dock ett sådant scenario också vara förenat med en betydande driftvinkel som innebär fartygets stäv inte pekar in mot bassängens öppning.

Sannolikheten att sprängstenskajen inte stoppar fartyg med påseglingsskurs

För att närmare undersöka själva påseglingförloppet till följd av ovan analyserade tänkbara scenarier med påseglingsskurser, har det dimensionerande fartyget körts i en särskild simuleringsmodell för att beräkna stoppsträckan vid en påsegling. Beroende på

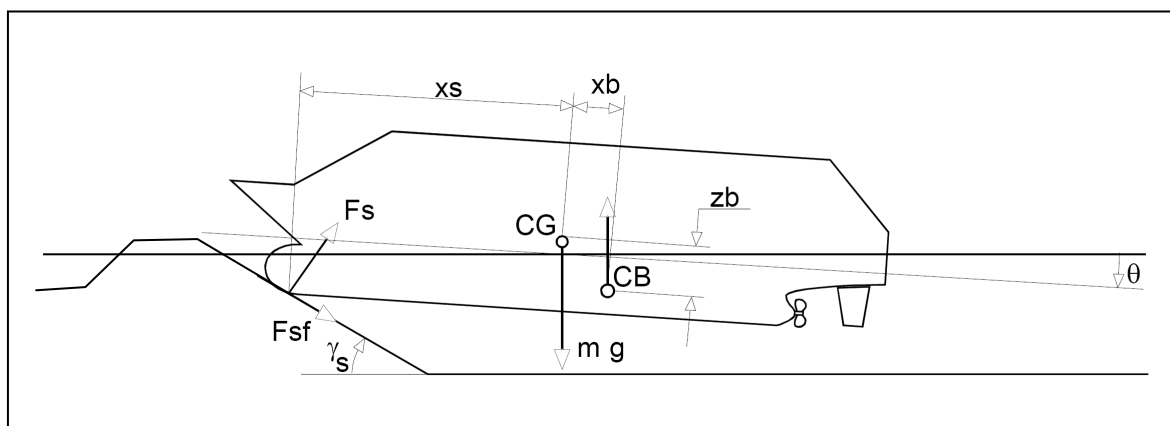
avståndet mellan påseglingpunkten i kajen och huskroppens fasad kan sannolikheten för att kontakt och penetration mellan fartyg och hus uppskattas.

De nedan redovisade beräkningarna tar inte hänsyn till den bromsande effekt som den förankrade pontonbryggan bidrar med vid en påsegling.

Erfarenheter och tidigare beräkningar från grundstötningar visar att fartygets rörelseenergi tas upp genom en kombination av friktionskrafter, lyftning och deformation av skrovet samt av deformation av kaj och kajslänt. Vid påsegling med en kontaktvinkel som inte är vinkelrät mot kajen uppstår även ett girmoment som bidrar till energiupptagning och som vid flacka vinklar kan innebära att fartyget får en glidande kontakt parallellt med sprängstenskajens längriktning.

Med de minsta girradier som angivits i figuren ovan är det endast under en mindre del av den kritiska passagesträckan som branta kontaktvinklar kan uppstå för fartyg av 200 m längd eller mer.

De principiella kraftsambanden vid påseglingen åskådliggörs av figuren nedan.



Figur 6 Principiell simuleringsmodell för kraftsamband vid påsegling

Beteckningarna i figuren anges enligt nedan:

u	= fartygets axiella fart	(m/s)
γ_s	= vinkel på framsida av grundet	($^\circ$)
θ	= fartygets stampningsvinkel	($^\circ$)
m	= fartygets massa	(kg)
k_{yy}	= tröghetsradie i stampningsled	(kgm^2)
∇_m	= momentana displacementet för fartyget	(m^3)
KG	= fartygets tyngdpunkts-läge över baslinjen	(m)

Friktionen mellan fartyg och stenkaj ges av rasvinkeln för sprängstensmassorna i vattnet vilken antagits vara 45 grader.

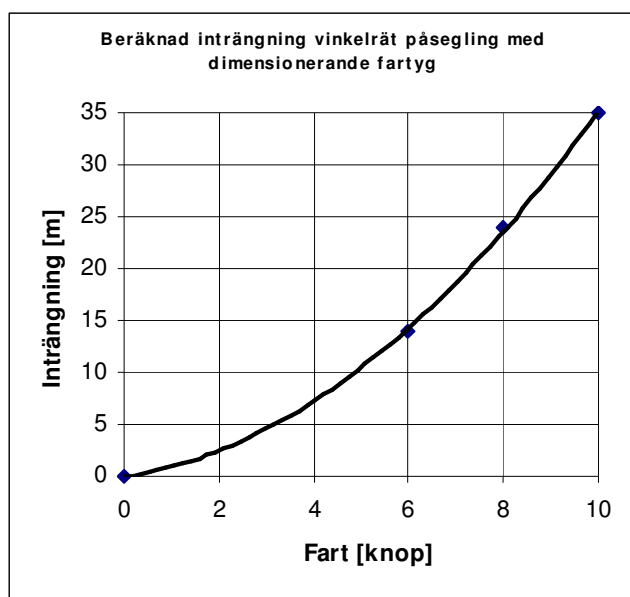
Kraften F_s modelleras som en dämpkraft, som är lika med angreppsarean multiplicerat med ett tryck som antas vara en faktor det hydrodynamiska tryck som ges av fartygets djupgående. Angreppsareans storlek integreras fram över spantformen i takt med fartygets inträngning i kajmaterialet. Modellen tar ej hänsyn till de krafter som kan uppstå genom att vallar byggs upp framför fören då förskeppet tränger in i stenmaterialet.

Med kajens överyta 2 m över vattenytan och en släntlutning på 45 grader simulerades ett antal fall med vinkelrät påsegling med det dimensionerande fartyget. Dessa fall överensstämmer med de identifierade möjliga kritiska påseglingsgirar som kan uppstå pga tekniska fel typ i-a) då rodet låser sig.

Simuleringar gjordes med en begynnelsefart av 12 knop, med dikt roder och med 20 grader roder. Maskinpådraget förutsattes vara oförändrat, motsvarande 12 knop på rak kurs i två fall men i ett fall simulerades att man slår stopp när det oönskade roderfelet uppstår.

Resultaten visar att endast i fallet med dikt roder och oförändrat pådrag kan fartyget gira till 90 grader inom en radie av 300 m och därmed kunna få en vinkelrät påsegling. Vid 20 graders roder blir påseglingens vinkel omkring 60 grader med oförändrat pådrag och ett passageavstånd på ca 300 m. Om maskinen sätts till stopp då ett fel med dikt roderutslag uppstår blir påseglingens vinkel i stället högst omkring 45 grader.

Pga av centrifugalkraften under giren bromsas fartygets fart upp under giren så att hastigheten i påseglingsögonblicket är avsevärt lägre än den ursprungliga passagefarten. Det är uppenbart att inträngningsdjupet i stenkajen beror av hastigheten i påseglingsögonblicket och de beräknade sambanden ges i figuren nedan.



Figur 7 Beräknat samband mellan påseglingsfart och inträngningsdjup

I fallet med dikt roder med oförändrat pådrag från en passagelinje 300 m utanför kajen i 12 knop kan en vinkelrät påsegling ske efter ca 100 sekunder. Enligt beräkningarna är då påseglingshastigheten 8 knop och inträngningen blir 24 m.

I fallet med 20 graders roder med oförändrat pådrag från en passagelinje 300 m utanför kajen i 12 knop kan en påsegling i ca 60 graders vinkel ske efter ca 100 sekunder. Enligt beräkningarna är då påseglingshastigheten 10 knop och inträngningen skulle kunna uppgå till 35 m utan hänsyn tagen till effekter av det girmoment som vinkeln ger.

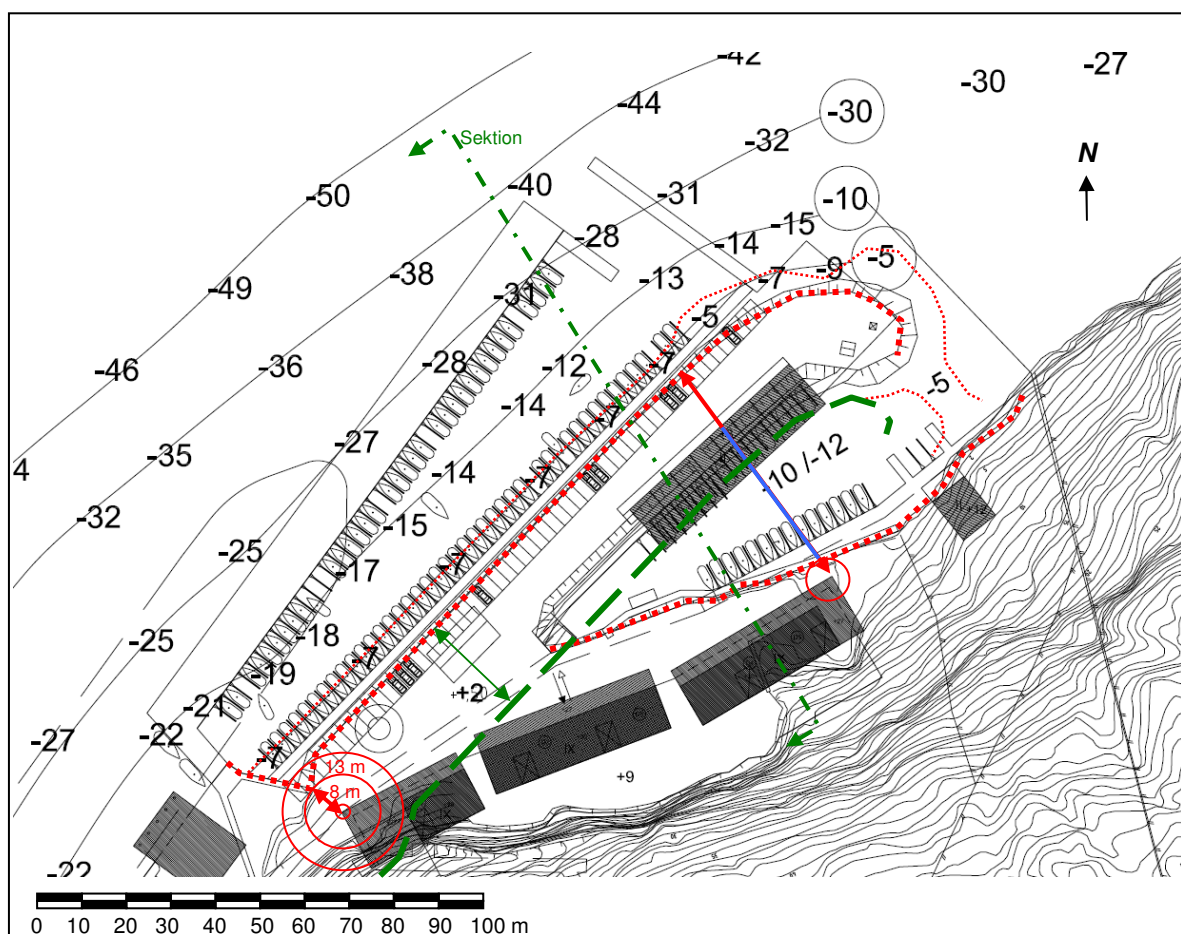
I fallet med dikt roder då maskin ställs till stopp från en passagelinje 300 m utanför kajen i 12 knop kan en påsegling i ca 45 graders vinkel ske efter ca 120 sekunder. Enligt beräkningarna är då påseglingshastigheten 8 knop och inträngningen blir 24 m utan hänsyn tagen till effekter av det girmoment som den flacka vinkeln ger.

Banplottar och tidsdiagram över simulerade påseglingsförlopp återfinns i bilaga.

Sannolikheten för påsegling med kontakt mellan fartyg och byggnad

Enligt simuleringarna av de tre påseglingsförloppen enligt ovan uppgår den maximala inträngningen till 35 m. Med hänsyn till att tiden från det att roderfelet uppstår till kollisionen är ca 1½ - 2 minuter måste det dock anses högst osannolikt att ingen fartnedsättande åtgärd skulle vidtas. Även om man inte slår back förrän efter någon minut kommer farten att reduceras till högst ca 8 knop i påseglingsogonblicket.

Om påseglingar pga av tekniska fel med låst roder sålunda antas leda till påsegling i högst 8 knop innebär det att inträngningen av fartygsstävans framkant maximalt sträcker sig 24 m innanför kajsläntens överkant.



Figur 7 De tre byggnadernas läge i förhållande till den mot påsegling skyddande stenkajen.

Kajsläntens övre kant (+ 2m) markeras i figuren ovan av en tjockare prickad röd linje och läget av släntens ungefärliga läge på ca 7 m vattendjup (-7 m) anges av en tunnare röd prickad linje. Den maximala inträngningen 24 m innanför kajsläntens övre kant är markerad med grön streckad linje.

Enligt figuren ovan kan det dimensionerande fartyget, om det antas segla på kajen under rätt vinkel i 8 knop vid pontonbryggans ände, tränga in i kajen så att fartygs stäv träffar den sydvästligaste byggnaden. Mest utsatt är byggnadens västra hörn från vilket inträngningen skulle kunna bli bortåt 15 m.

Den med avseende på kontakt/inträngning i byggnaden, kritiska kajsektionen vid påsegling motsvarar 12 % av den totala passagelängden på vilken påseglingssannolikheten beräknats. Sannolikheten för att en påsegling pga tekniskt fel typ i-a) skall leda till kontakt eller penetration med en huskropp kan därmed uppskattas till:

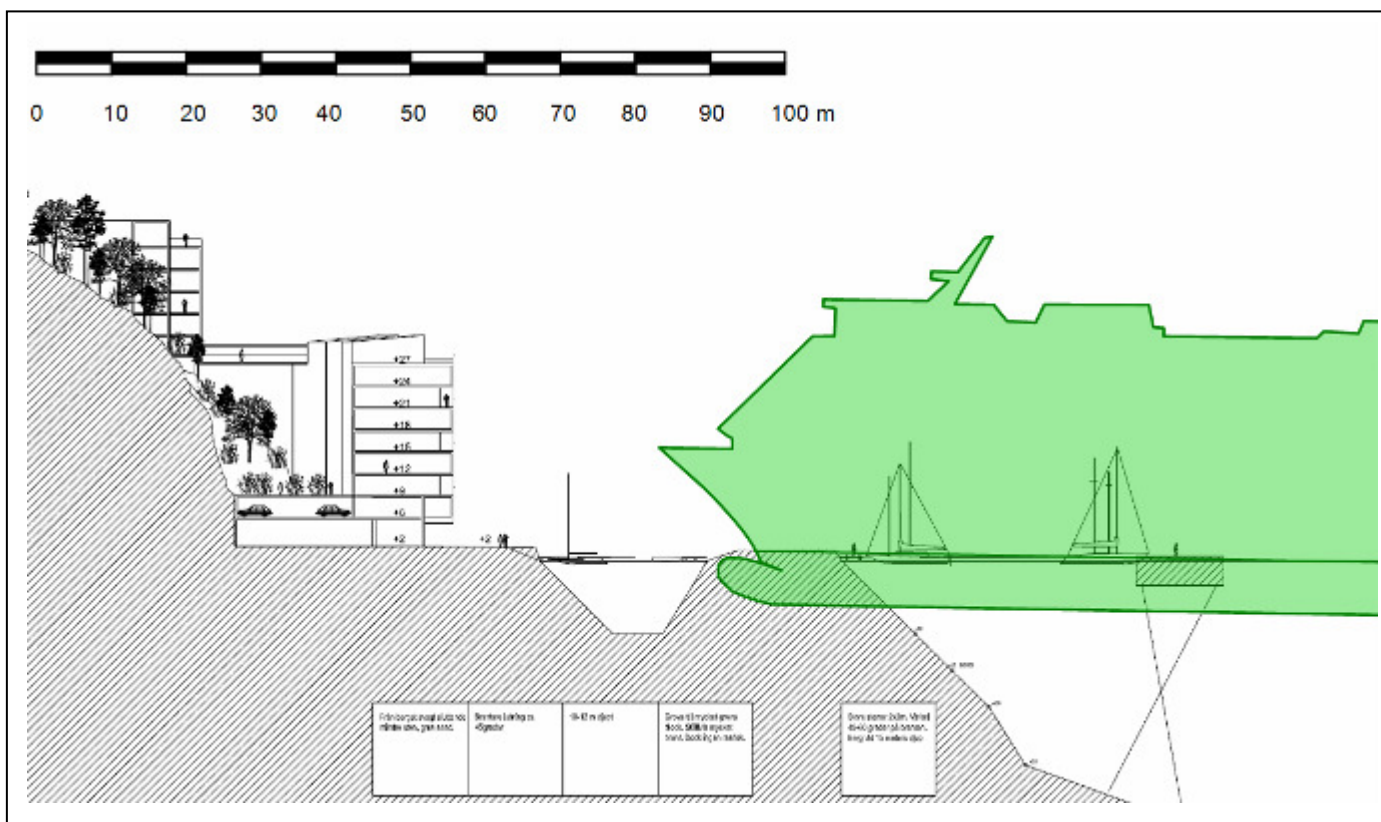
$0,12 \cdot 4,5 \cdot 10^{-8} = 0,55 \cdot 10^{-8}$ per fartygspassage. Med 10 000 passager per år fås då en förväntad returperiod för påsegling av 18 000 år.

För enfamiljshuset i nordost finns ett mycket snävt vinkelintervall av påseglingsskurser från norr där sprängstenspiren inte ger skydd och som kulle kunna leda till kontakt mellan fartyg och byggnad. Byggnadens ringa storlek och det snäva vinkelintervallet gör dock att påseglingssannolikheten bedöms vara mycket liten och likaså är konsekvenserna mindre jämfört med påsegling av flerfamiljshuset.

Den markerade 24-meters inträngningslinjen tangerar det västra hörnet av den mellersta byggnaden medan hela byggnaden i nordost är mer än 45 m bakom kajsläntens övre kant.

Om påseglingen sker under en vinkel mot kajen innebär 24 m inträngning att kontakt inte nödvändigtvis uppstår även om det vinkelrätta avståndet mellan kaj och husfasad är mindre än 24 m.

Figuren nedan visar en sektion vinkelrätt genom den nordostligaste byggnaden och med det dimensionerande fartyget i en position med 24 m inträngning efter påsegling.



Figur 8 Sektion genom den nordostligaste byggnaden med det dimensionerande fartyget efter påsegling och med 24 m inträngning i kajen.

Figuren visar att vid ett motsvarande påseglingsfall i den sydvästligaste byggnaden hade kontakten startat på femte våningen, ca 15 m över vattenytan, och att bogar och överbyggnad sedan successivt ökat kontaktytan i takt med inträngningen. Beroende på förhållandet mellan byggnadens hållfasthet och hållfastheten av fartygets förstäv kommer båda att deformeras och skadas vid kontakten. Fartygets inträngning i byggnaden reduceras i motsvarande grad som förskeppets deformation vid kontakten.

6.2 Konsekvenser av påsegling

Svårighetsgraden av konsekvenserna av en kontakt mellan fartyg och byggnad beror främst av inträngningsdjup och på vilken vertikal nivå kontakten sker samt i viss grad på vilken tid av dygnet olyckan sker. För de aktuella byggnaderna är våningsplanen med bostäder belägna på en höjd som motsvarar den förligaste delen av fartyget och en eventuell inträngning kan ge lokala skador men kan beroende på omfattningen eventuellt även äventyra stabiliteten i byggnadsstruktur. En olycka nattetid då fler personer befinner sig i huset än under dagtid kan ge större förluster i antal dödsfall/personskador. Människor som befinner sig i rörelse på kajtor utomhus eller vistas ombord i förtöjda båtar kan hinna uppfatta en risksituation och hinna sätta sig i säkerhet. Fartygen kommer sannolikt även att avge varningssignaler. Risk för liv är i första hand förenat med att delar av själva bostadsplanen i byggnaderna kollapsar genom att fartyget med sitt stävöverhäng tränger in i själva byggnaden.

Vid en påsegling nattetid med det dimensionerande fartyget i den sydvästligaste byggnaden kan skador med dödsfall tänkas uppstå i upptill åtta lägenheter. Storleksordningen 25 personer skulle kunna tänkas omkomma om omfattande skador på husets struktur uppstår. Vid lättare kontakt eller mindre penetrationsdjup utan strukturskador i huset, kan skadorna inskränka sig till materiella skador, personskador eller enstaka dödsfall.

Det dimensionerande fartyget har ett relativt stort stävöverhäng och andra fartyg av motsvarande storlek men med mindre överhäng kan tänkas bromsas upp på motsvarade sträcka men med mindre inträngning än 24 m. De största kryssningsfartygen som anlöper Stockholm kan ha upp till dubbelt så stort displacement och större överhäng jämfört med det dimensionerande beräkningsfartyget och kan därmed tänkas ge större inträngning vid påsegling i motsvarande fart.

6.3 Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens

Den typ av påseglingsscenario som bedöms kunna ge störst skada är den som är innebär påsegling med ett stort fartyg under brant vinkel mot kajen och med relativt hög fart. Sådana scenarier med oönskad påseglingssgir kan tänkas uppstå genom tekniskt fel med låst dikt roder. Sannolikheten för att ett sådant fel skall uppstå i ett läge så att det leder till påsegling och penetration av sprängstenskajen mot den byggnad som ligger närmast kajen,

har uppskattats kvantitativt. Andra identifierade möjliga påseglingsscenarier bedöms vara än mindre sannolika än det kvantifierade fallet eller bedöms inte kunna medföra kontakt eller penetration mellan fartyg och byggnad. Sannolikhetsberäkningen baseras på ett dimensionerande fartyg som är ett av det största i det idag helt dominerande trafiksegmentet färjor på Finland och andra Östersjöländer.

Den genomsnittliga fartygsstorleken för det trafikflöde som använts vid beräkningen är betydligt mindre än det dimensionerande fartyget och beräkningen kan därmed även sägas innehålla marginaler för framtida eventuella ökande trafikflöden. Av de 10 000 fartygspassager som används för numerisk uppskattning av påseglingssannolikheten är ca 8 500 färjor och av dessa är över 80% mindre än den största färjetyp som valts som dimensionerande fartyg. Av de övriga fartygstyperna är det endast bland de internationella kryssningsfartygen som det finns fartyg större än det dimensionerande beräkningsfartyget. Av de 280 internationella kryssningsfartygsanlöpen som planeras under 2008 sker 150 med fartyg större än det dimensionerande beräkningsfartyget och 130 med mindre fartyg. Endast 300 passager (150 anlöp + 150 avgångar) av totalt 10 000 passager (3 %) sker sålunda med fartyg som skulle kunna ge större inträngning än de 24 m som anges i beräkningarna. Om det dimensionerande fartyget (de två största färjorna) antas svara för 12 % av alla passager innebär detta att 85 % av alla passager sker med fartyg som ger mindre inträngning än 24 m vid en eventuell påsegling.

Den fartygskategori av mycket stora kryssningsfartyg som är större än det dimensionerande beräkningsfartyget har generellt hög maskineffekt med starka bogpropellrar, vanligen två propellrar och roder eller azipod-arrangemang som ger dem god redundans mot tekniska fel såsom låst roder i maxutslag. De numeriska värden som använts för uppskattning av sannolikhet för tekniska roderfel representerar däremot genomsnittliga fartyg, de flesta med en propeller och ett roder, vilket ytterligare bidrar till att de redovisade bedömningarna är konservativa.

Konsekvenserna av en påsegling med kontakt eller penetration av huskroppen har inte kvantifierats i detalj men kan bedömas kunna medföra skador och dödsfall inom ett intervall från 1 – 25 personer.

Med hänsyn till den mycket låga sannolikheten för påsegling med kontakt eller penetration mellan byggnad och det dimensionerande fartyget och med hänsyn till det begränsade antal fartyg som är större än det dimensionerande fartyget, bedöms, trots svåra konsekvenser av ett värsta fall, att de risker som är förenade med påsegling av passerande fartyg sammantaget är mycket små.

7 RISKVÄRDERING

7.1 Kriterier

Det finns inga etablerade kriterier i Sverige för vilka risker som kan tolereras exempelvis i samband med byggande av flerbostadshus. I vissa andra länder finns förslag eller etablerade riktvärden för tolererbara risker inom olika samhällssektorer.

Risken för att ett flerbostadshus skall påseglas och att boende skall skadas är en risk som den boende inte själv kan styra över. Acceptansen för sådana risker är i allmänhet lägre än i de fall där individen själv kan påverka risken. Vidare räknas risker i bostadsområden allmänt till de områden där samhället i planeringsprocessen särskilt efterstävar låga risknivåer.

De kvantitativa sannolikhetsuppskattningar som presenterats här, indikerar mycket låga sannolikheter. Vid jämförelse med de individrisknivåer som finns i vissa etablerade riskvärderingskriterier, framstår den indikerade individrisken för boende även i det mest utsatta av husen, som låg.

Om exempelvis statistik från antalet omkomna i Sverige pga av bränder i flerbostadshus används som jämförelse indikerar de genomförda kvantitativa riskuppskattningarna att individrisken att omkomma pga påseglig för boende i det mest utsatta huset vid Telegrafberget är lägre än den individrisk som svarar mot antalet omkomna vid bränder i flerbostadshus. Enligt Räddningsverket omkommer ca 40 personer per år vid ca 2 500 bränder i flerbostadshus och enligt SCB bodde ca 2,8 miljoner personer i flerbostadshus under år 2003).

7.2 Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys

Osäkerheter i den presenterade riskanalysen finns bl. a. i:

- dataunderlag – t ex trafikstatistik, prognoser
- val av dimensionerande fartyg – påseglingsscenarier andra fartyg, stora kryssningsfartyg
- antaganden om möjliga påseglingsförlopp – orsaker, girradier, fartminskade åtgärder mm
- simuleringsmodellens beräkning av inträngning i kajslänten – energiupptagning, friktion
- uppskattning av sprängstenssläntens egenskaper - lutning, mäktighet, djup till berg
- inverkan av pontonbryggans bromsande bidrag
- uppskattning av möjliga konsekvenser – antal skadade vid påsegling, var vistas boende

Uppskattningar och antaganden har generellt sett präglats av en konservativ attityd för att inte undervärdera identifierade risker.

Det kan noteras att det mest exponerade huset är beläget nära en brant bergvägg och djupsiffrorna utanför visar också på en brant lutning under vattenytan. Om det finns branta bergspartier under ytan från 0 nedtill -7 m djup, kan det innebära att stoppsträckan och inträngningen i kajen blir mindre än vad som beräknats.

7.3 Riskreducerande åtgärder

Den genomförda analysen som redovisas i denna rapport indikerar inga alarmerande risknivåer eller omedelbara behov av riskreducerande åtgärder. Det kan dock noteras att risknivån mellan de tre byggnaderna som skall inrymma bostäder skiljer sig åt. Beräkningarna visar att det väsentligen är det sydvästligaste huset som exponeras för påseglingrisker som kan medföra skador på hus och boende. Detta beror på att det aktuella huset ligger närmare den skyddande kajslänten än de andra.

Ett möjligt sätt att minska riskexponeringen för det aktuella huset och därmed för hela anläggningen skulle kunna vara att bredda eller på annat sätt förstärka den skyddande kajen framför byggnaden. Enligt dagens situationsplan finns en liten kilformad inbuktning av kajslänten närmast byggnadens västra hörn, vilken teoretiskt sätt utgör den svagaste länken för kajens påseglingsskyddande funktion. En utfyllnad av denna kil och en eventuell breddning och förstärkning av kajen parallellt med byggnadens fasad skulle förutom förstärkt påseglingsskydd även medge en något bredare infart till ytan framför byggnaderna.

8 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER

Sammanfattningsvis görs bedömningen att påseglingsriskerna för de planerade bostadshusen vid Telegrafberget är mycket små. Sprängstenskajen och piren framför husen utgör i allt väsentligt ett effektiv påseglingsskydd för fartyg som av någon anledning kommit på kollisionskurs mot Telegrafholmen. Den genomförda analysen indikerar inga alarmerande risknivåer eller omedelbara behov av riskreducerande åtgärder. Risken för en boende i det mest exponerade huset att omkomma pga av en fartygspåsegling bedöms vara lägre än risken att omkomma vid en brand för boende i flerfamiljshus.

Resultaten av riskanalysen visar dock att risknivån för de olika husen skiljer sig åt och att kajens bredd och utformning vid det sydvästligaste husets västra hörn är avgörande för den totala risknivån för de tre husen. För att undersöka om risknivån kan sänkas och harmoniseras mellan de tre husen, kan det vara värt att överväga förutsättningar och möjligheter för att förstärka och bredda kajen närmast det mest utsatta huset.

Beräkningar och bedömningar är behäftade med flera osäkerheter varav vissa kan vara av intresse att belysa tydligare. En åtgärd som rekommenderas för att bringa mer tydlighet kring ett påseglingsscenario vid den exponerade byggnadens hörn, är att närmare undersöka bergets profil och sprängstenslagrets mäktighet framför det exponerade huset.

9 REFERENSER

1. Värdering av risk, Räddningsverket 1997
2. Handbok för riskanalys, Räddningsverket 2000
3. Generell kravspecifikation för riskanalyser i detaljplaner, Stockholms brandförsvär, 2002
4. INMISJÖ, MKB för farledsuppgradering vid Värmdö Garpen, Sjöfartsverket 2003
5. Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms, SSPA 2007
6. Offshore-Windpark Kriegers Flak, Technische Risikoanalyse, Bericht Nr ERI 2003.54, Germanische Lloyd 2003

BILAGA 1

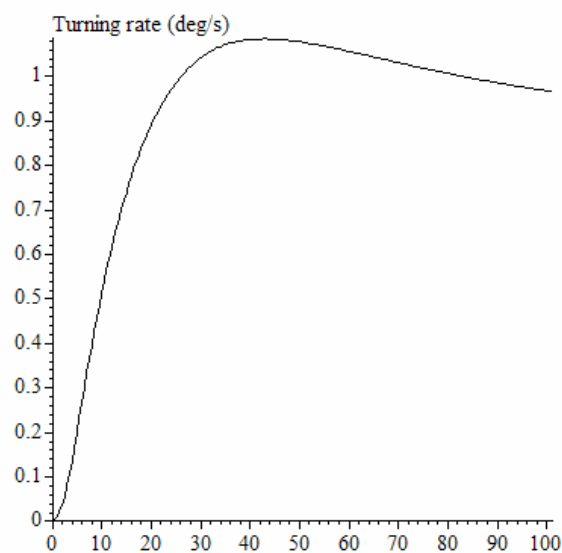
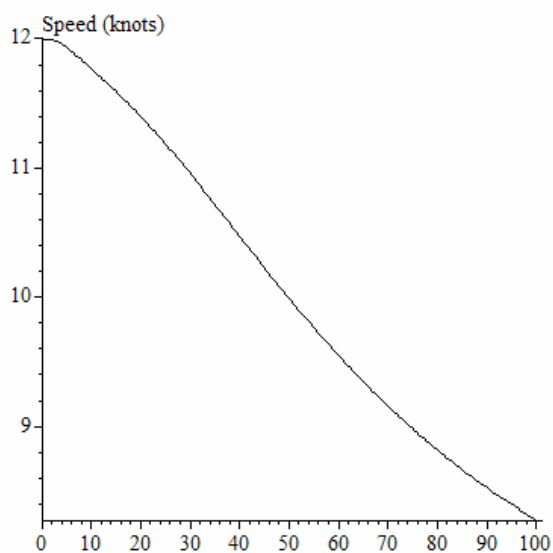
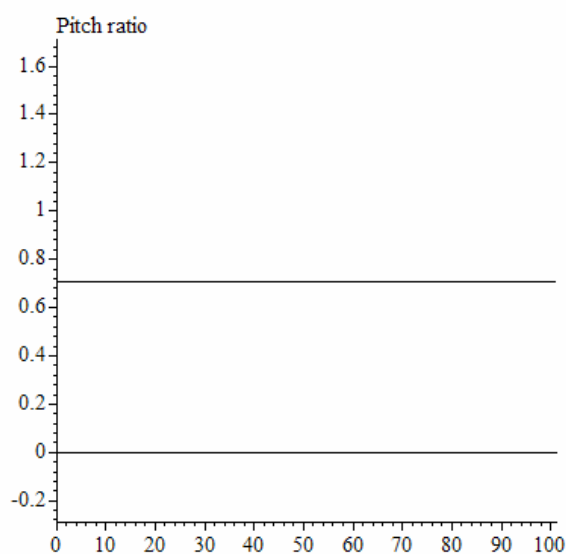
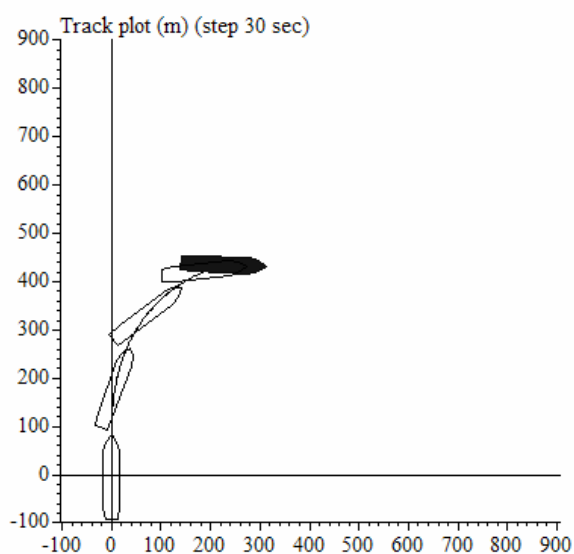
Banplottar och diagram från simulering av påsegling med dimensionerande fartyg

Dimensionerande fartyg

Gir med låst dikt styrbordsroder,

Initialfart 12 knop

Konstant pådrag

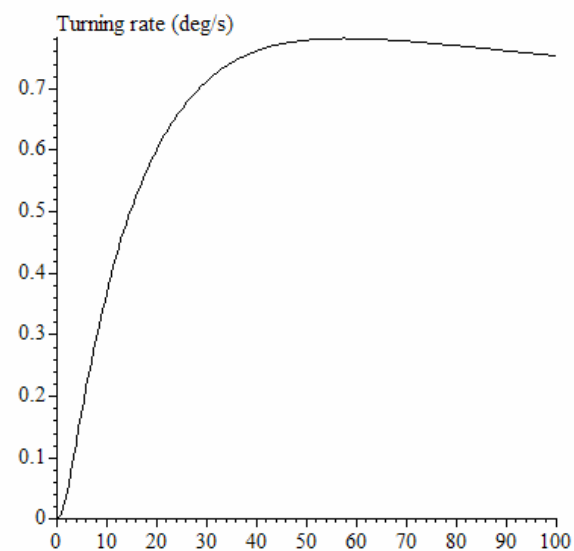
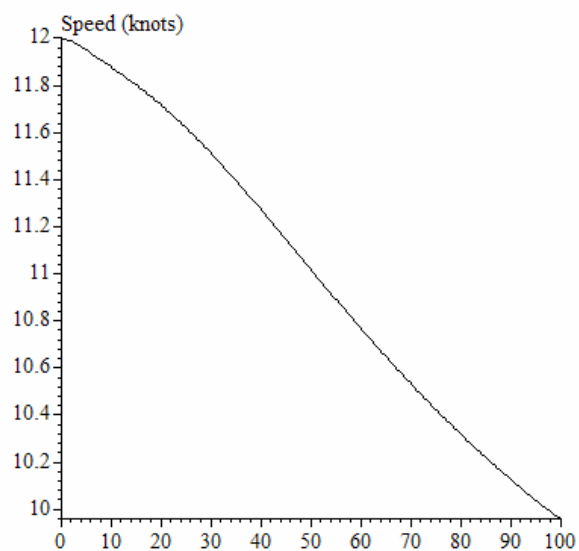
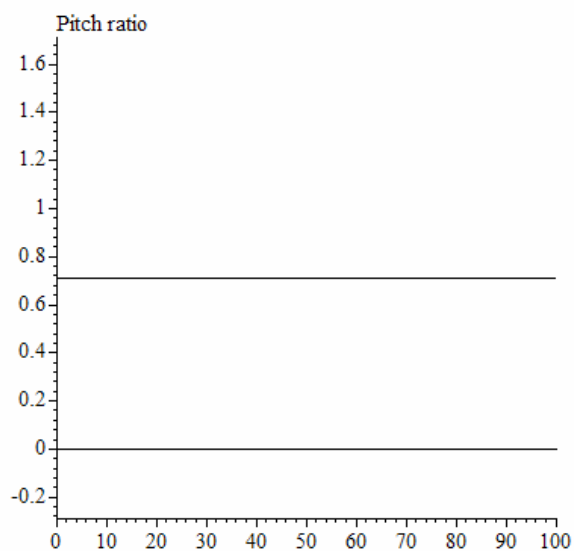
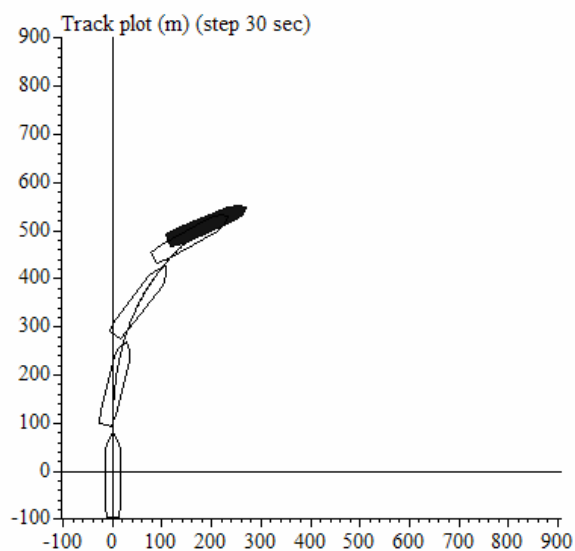


Dimensionerande fartyg

Gir med låst 20 grader styrbordsroder,

Initialfart 12 knop

Konstant pådrag

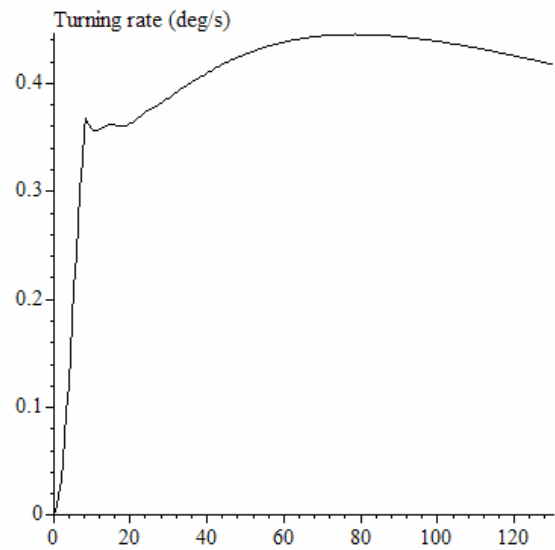
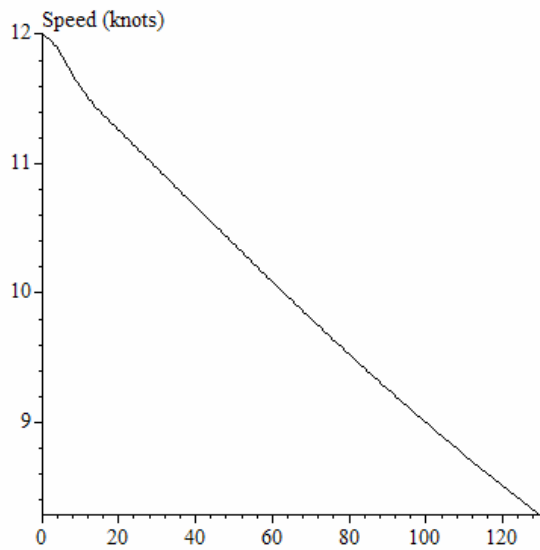
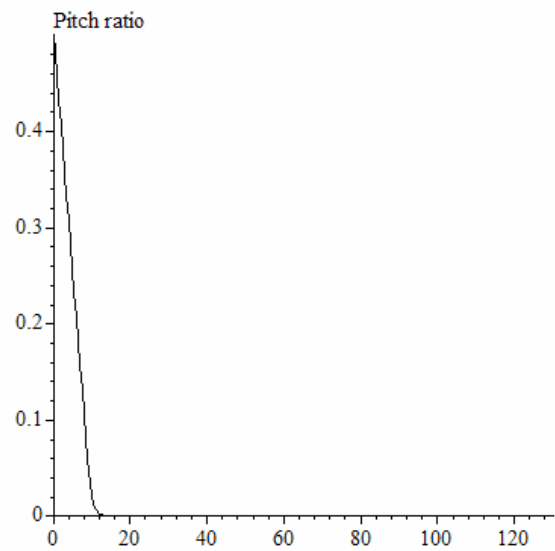
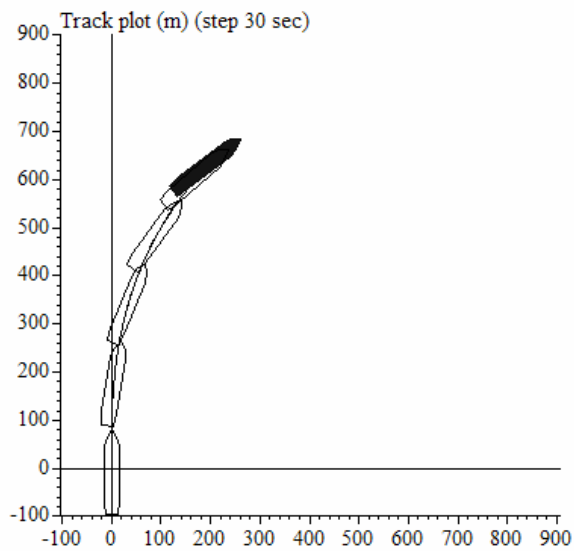


Dimensionerande fartyg

Gir med låst dikt styrbordsroder,

Initialfart 12 knop

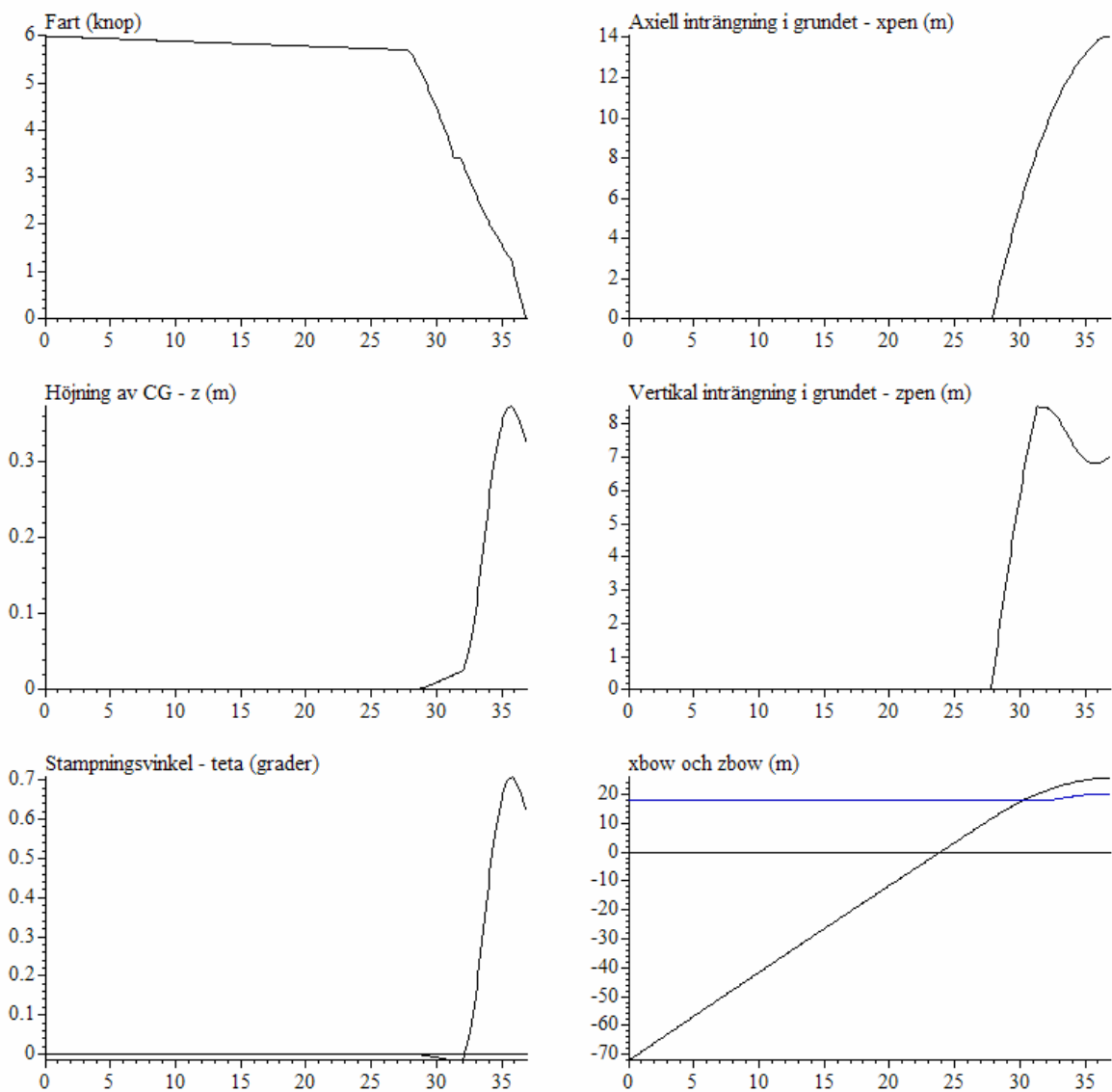
Maskin till stopp vid start av gir



Dimensionerande fartyg

Vinkelrät påsegling

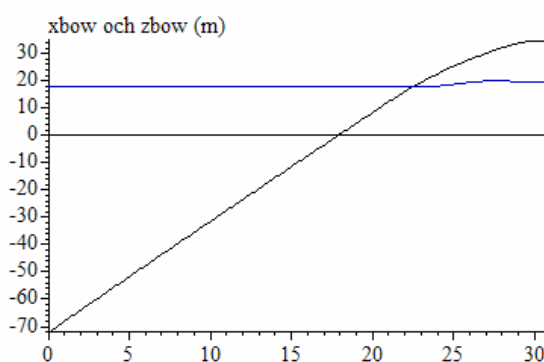
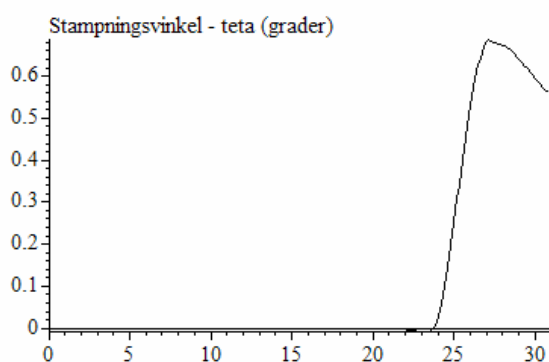
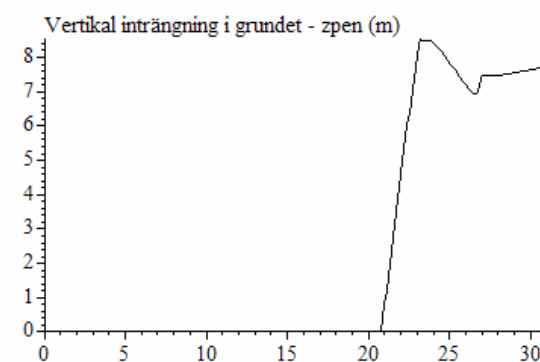
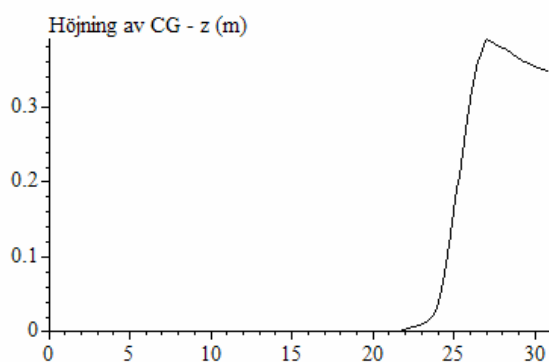
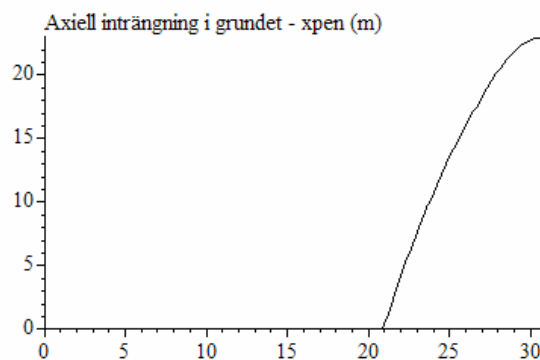
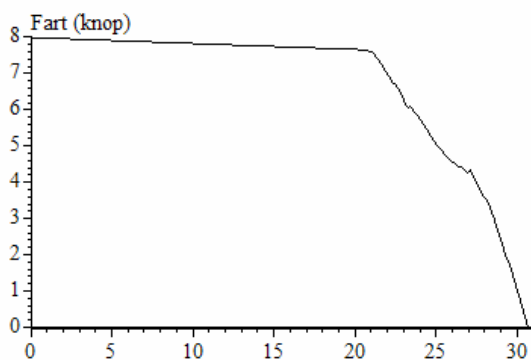
Initialfart 6 knop



Dimensionerande fartyg

Vinkelrät påsegling

Initialfart 8 knop



Dimensionerande fartyg

Vinkelrät påsegling

Initialfart 10 knop

