

TEKNISK BESKRIVNING

UPPDRAGSNUMMER 2342863

JÄRNVÅGEN

TEKNISK BESKRIVNING FÖR PRÖVNING AV VATTENVERKSAMHET ENLIGT 11 KAP MILJÖBALKEN



GÖTEBORG 2017-06-30
SWECO CIVIL AB
HAMNAR & KUSTHYDRAULIK

SVANTE ROUPÉ

Granskad av JAVAD HOMAYOUN

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Uppdrag	3
3	System i plan och höjd	3
4	Geoteknik	4
5	Recipientförhållanden	5
5.1	Batymetri	5
5.2	Föroreningshalter i sediment	7
5.3	Strömmar, salthalt och skiktning	9
5.3.1	Befintliga förhållanden	9
5.4	Vattenstånd	11
5.5	Vind	12
5.6	Vågor	13
6	Sjöfart och maritima risker	14
6.1	Allmänt	14
6.2	Fartygssimulering	14
6.3	Påsegling – förutsättningar för utformning av konstruktioner	15
6.3.1	Inledning	15
6.3.2	Dimensionerande fartyg	16
6.3.3	Möjliga orsaker till påsegling	16
6.3.4	Olika påseglingsscenarier	17
6.3.5	Inträngning i kaj vid påsegling	18
6.3.6	Deformation av kaj och påverkan på byggnader	19
7	Befintliga anläggningar	22
7.1	Inledning	22
7.2	Aktuellt kajavsnitt	22
7.3	Ursprunglig kaj	23
7.4	Breddning av kajen	25
8	Planerade anläggningar och arbeten i vattenområdet	26
8.1	Inledning	26
8.2	Utbyggnad	26
8.3	Arkitektonisk utformning	28
8.4	Kajer och påseglingsskydd	30

8.4.1	Allmänt	30
8.4.2	Massiv kaj med integrerat påseglingsskydd	30
8.4.3	Kaj med utanförliggande påseglingsskydd	31
8.4.4	Valt påseglingsskydd	32
8.5	Möjliga anläggningsmetoder för utbyggnaden	33
8.5.1	Allmänt	33
8.5.2	Kofferdam	33
8.5.3	Enkelspont	37
8.5.4	Temporär tätspont mot befintliga konstruktioner	38
8.6	Rivning av befintlig kaj	39
8.7	Kaj och kajnära konstruktioner	40
8.8	Tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor	44
8.8.1	Allmänt	44
8.8.2	Föreslaget läge	45
8.8.3	Alternativt läge	46
8.8.4	Muddring vid tilläggsplats	47
8.9	Ny gång- och cykelbro	49
8.9.1	Alternativ 1, anläggande av ny bro.	49
8.9.2	Alternativ 2, flyttning av befintlig bro	53
8.10	Åtgärder på befintlig kajkant i Rosenlundskanalen	55
8.11	Tilläggsplats för oljefartyg till Rosenlundsverket	55
8.11.1	Kajplats	56
8.11.2	Befintliga kylvattenledningar	57
8.11.3	Muddring	57
8.11.4	Erosionsskydd	58
9	Preliminär arbetsordning för huvudalternativ	59
9.1	Beskrivning av preliminär arbetsordning	59
9.2	Illustration av arbetsordningens delmoment	63
10	Utförandetider	71
11	Anläggningskostnad	71

Bilagor

Bilaga 1 - PM Geoteknik 2016-10-21

Bilaga 2 - Maritim riskbedömning 2015-12-20

Bilaga 3 - Manöversimuleringar Stena Jutlandica 2016-01-22

Bilaga 4 - Den befintliga Masthuggskajen

1 Bakgrund

Norra Masthugget - området mellan Rosenlundsverket och Stigbergsliden - har stora möjligheter att utvecklas till en attraktiv del av innerstaden (se Figur 1) nu när Göta-tunneln är byggd och huvuddelen av trafiken ligger under mark. Området kan omdanas och ges ett nytt innehåll. Området vid Skeppsbron, det vill säga området strax uppströms i Göta älv, håller på att utvecklas och den nya kollektivtrafikknutpunkten Stenpiren med sin färjeterminal har redan tagits i bruk.

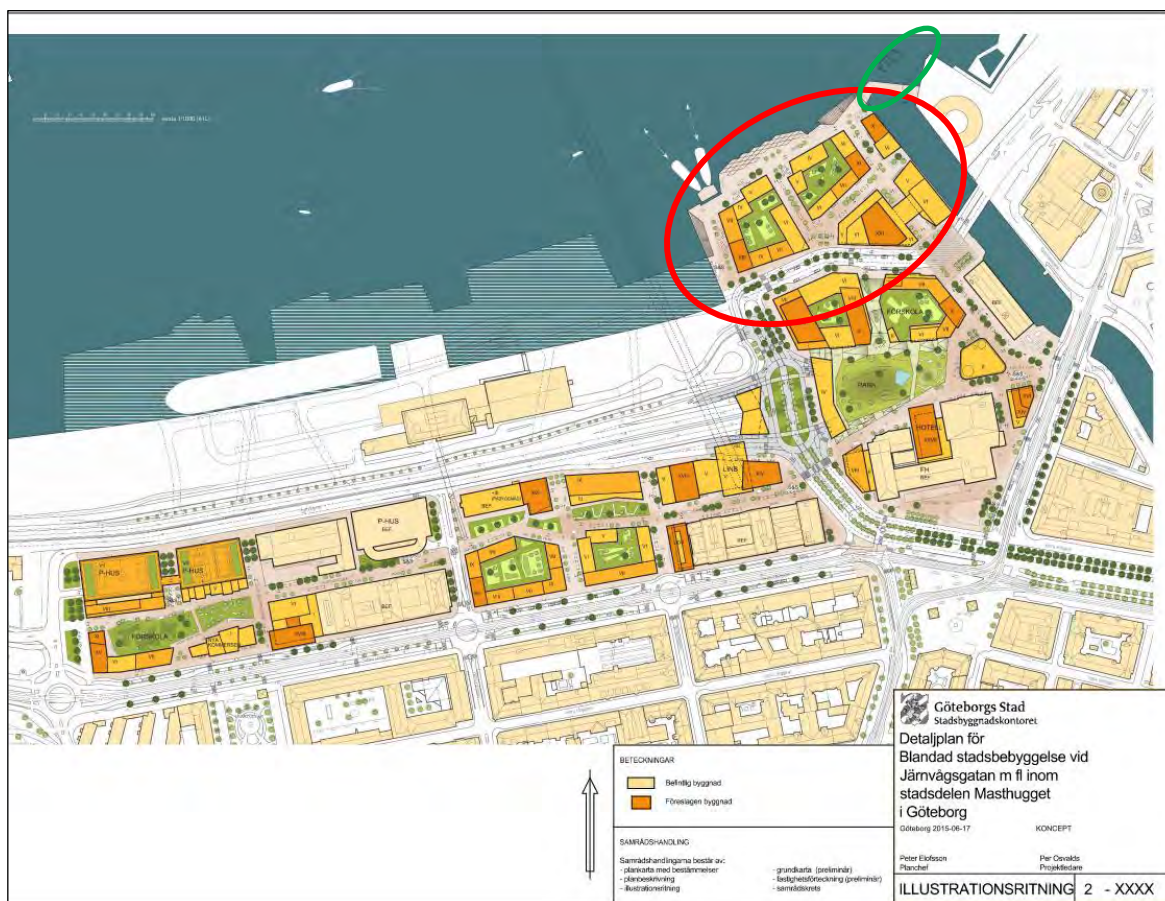


Figur 1. Området mellan Rosenlund och Stigbergsliden (benämnt Järnvågen)

Ett planprogram för området har tagits fram som redovisar förutsättningarna och möjligheterna för att utveckla området till en stadsdel med blandning av stadspuls och lokalt liv, där områdena Linné, Majorna och Centrum knyts samman. Målet är att på sikt utveckla området med en blandning av bostäder, kontor, kultur, rekreation, service och handel.

Med utgångspunkt från planprogrammet har en ny detaljplan utarbetats för området, (*Dp för Järnvågsgatan m.fl.*). Planen avses antas under 2017.

I östra delen av planområdet, närmast Rosenlundskanalens mynning, planeras en utbyggnad i Göta älv. Utbyggnadsområdet, som sträcker sig cirka 100 meter ut från befintlig kajlinje och cirka 180 meter i älvens längdriktning, visas med en röd oval i Figur 2 nedan. Det är i huvudsak detta utbyggnadsområde som utgör vattenverksamhet och därför omfattas av denna tekniska beskrivning. Förutom utbyggnaden byggs ny tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor, en ny gång och cykelbro över Rosenlundskanalen och en ny tilläggsplats för oljefartyg anläggs vid Skeppsbropiren omedelbart nordost om Järnvågen.



Figur 2. Illustrationsritning till DP (samrådshandling). Röd oval visar utbyggnadsområdet med tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor, grön oval visar GC-bro och tilläggsplats för oljefartyg

Det utfyllda området är avsett att bebyggas med relativt höga hus i söder och successivt lägre byggnader mot norr, se en arkitektvision nedan.



Figur 3. En arkitektvision av hur byggnader på utbyggnaden kan komma att gestalta sig

2 Uppdrag

Sweco har av Älvstranden Utveckling AB fått i uppdrag att bistå med konsultinsatser inför omdaning av Järnvågen på södra älvstranden. Som ett led i detta arbete ingår att inge en ansökan om tillstånd till vattenverksamhet enligt 11 kap. miljöbalken för alla arbeten i vatten till Mark- och miljödomstolen vid Vänersborgs tingsrätt. Som bilagor till ansökan ingår en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och en teknisk beskrivning (TB). Denna handling är den TB som biläggs ansökan.

3 System i plan och höjd

Koordinatsystem i plan: SWEREF 99 12 00

Höjdsystem: RH 2000 om inget annat anges. (I äldre figurer kan GH 88 förekomma)

4 Geoteknik

Inom berört område har Sweco under åren 2014-2015 utfört geotekniska undersökningar i syfte att klargöra de geotekniska förutsättningarna för området. De naturliga jordlagren inom vattenområdet utgörs överst av ytliga lager sediment som i huvudsak består av mycket lös lera. Under de ytliga sedimenten följer en homogen, lös till halvfast lera med stor mäktighet. Lerans mäktighet är över 100 m inom hela området mellan nuvarande kajkant och farled.

Stabilitetsanalyser har utförts för att dels kontrollera totalstabiliteten ut mot älven, dels för att kontrollera stabiliteten för undervattensslänten ut mot farleden. Analyserna visar att stabilitetssituationen för befintliga förhållanden för undervattensslänten uppfyller rekommenderad säkerhetsnivå (Skredkommissionens anvisningar 3:95).

Den rådande stabilitetssituationen för vattenområdet är sådan att en viss uppgrundning/utbyggnad (upp till nivå ca -4, eller max 3 m fyllnadshöjd över befintlig botten) kan utföras utan att äventyra stabiliteten ut mot farleden, förutsatt att utbyggnaden görs med mycket flacka slänter (1:3). Vid större utbyggnader eller belastningar kommer det av stabilitets- och bärighetsskäl dock att erfordras förstärkningsåtgärder på botten för att inte säkerheten ut mot farleden ska bli för låg.

Utförda stabilitetsanalyser visar att förstärkningsåtgärder generellt kommer att erfordras för planerade byggnader och anläggningar inom vattenområdet för att få tillräcklig säkerhet ut mot älven och farleden. Planerade byggnader, pirar och kajer kommer därför att grundläggas på pålar.

För en utförligare beskrivning av geotekniska förhållanden, se *PM Geoteknik* daterad 2016-10-21, Bilaga 1.

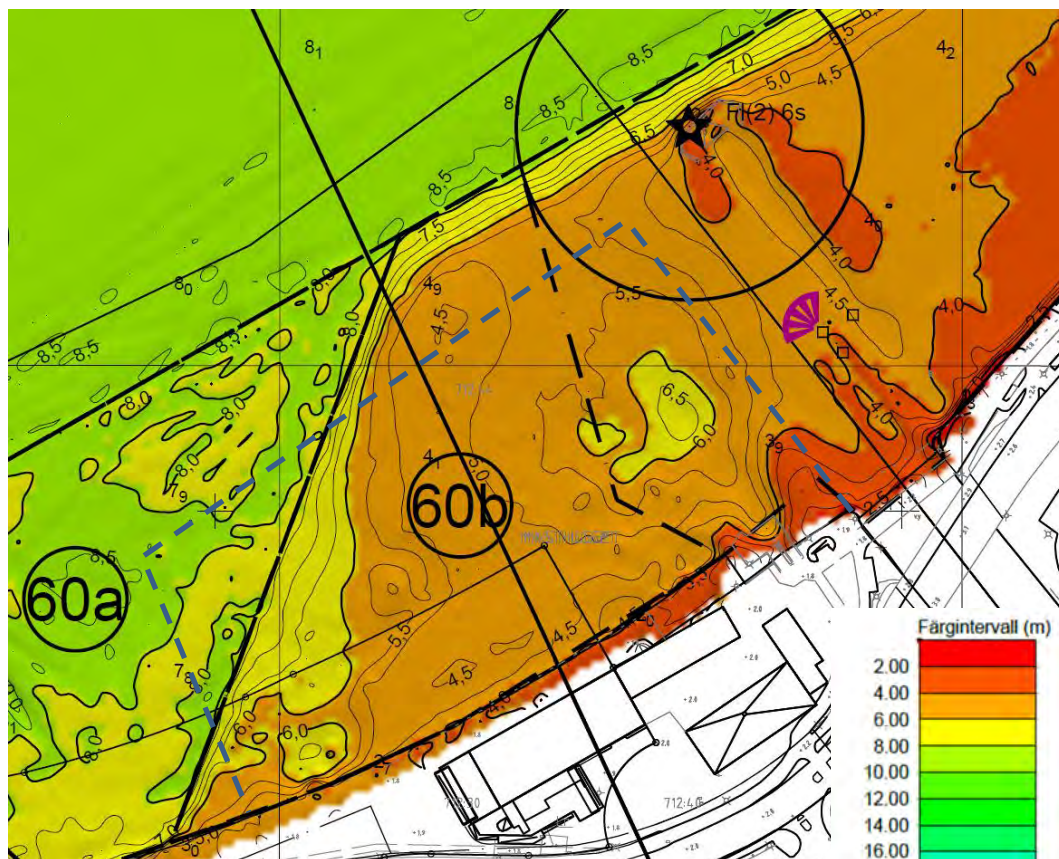
En sjömätning utfördes i maj 2015 av Clinton Mätkonsult AB på uppdrag av Göteborgs Hamn. Resultatet redovisas i Figur 5 och Figur 6 nedan.



Figur 5. Sjömätning maj 2015

I utbyggnadsområdet är vattendjupet cirka 5 meter. Det kan jämföras med sjökortet, som anger 4 meters djup och närmast Rosenlundskanalen 3 meter.

Den gula grop med 6,5 meters vattendjup som syns i Figur 6 är orsakad av propellererosion från Älvsnabbenfärjorna då de lagt till vid Rosenlundshållplatsen.



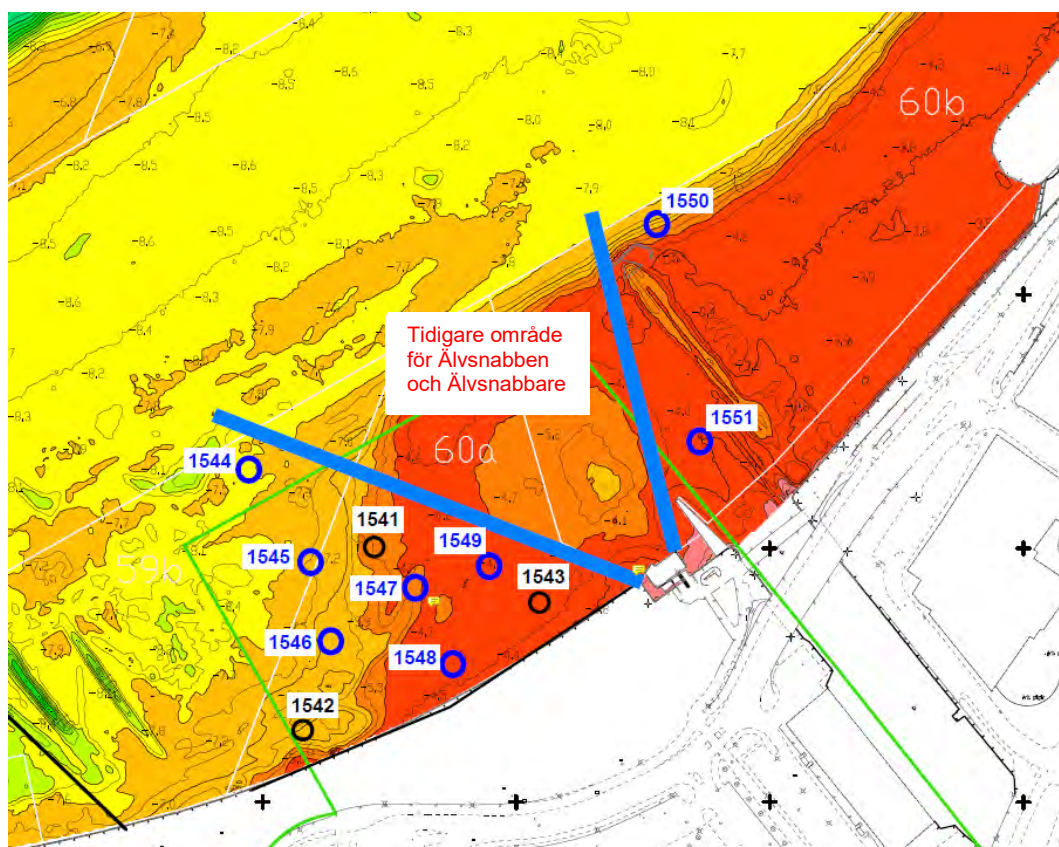
Figur 6. Sjömätning maj 2015. Utbyggnadens läge markeras med blå streckad linje

5.2 Föroreningshalter i sediment

Inom aktuellt vattenområde genomfördes under april 2015 en sedimentprovtagning i totalt 11 punkter. Provtagningspunkternas ungefärliga läge i plan framgår av Figur 7. Med anledning av den intensiva färjetrafiken till och från hållplatsen vid Rosenlund så har provtagning inte kunnat genomföras över hela den bottenyta som kommer att beröras av den planerade utbyggnaden (färjetrafiken till hållplatsen har numera upphört). Några större avvikelser med avseende på föroreningshalt över ytan förväntas dock inte.

Genom ett urval har totalt 13 sedimentprover från 7 provtagningspunkter och olika sedimentdjup analyserats med avseende på metaller, alifater, aromater, polyaromatiska kolväten (PAH) samt tennorganiska föreningar.

Provtagning har i flera fall skett ner till ca 1 m djup och i enstaka fall även ner mot 3,5 m sedimentdjup (Rosenlundskanalens utlopp). Analysresultat visar att sedimenten generellt är belastade av såväl organiska som oorganiska föroreningar. En redogörelse för analysresultat och jämförelse med bakgrundsvärden ges i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB)



Figur 7. Provtagningsplan sediment - Provtagningspunkternas placering i plan är ungefärliga.

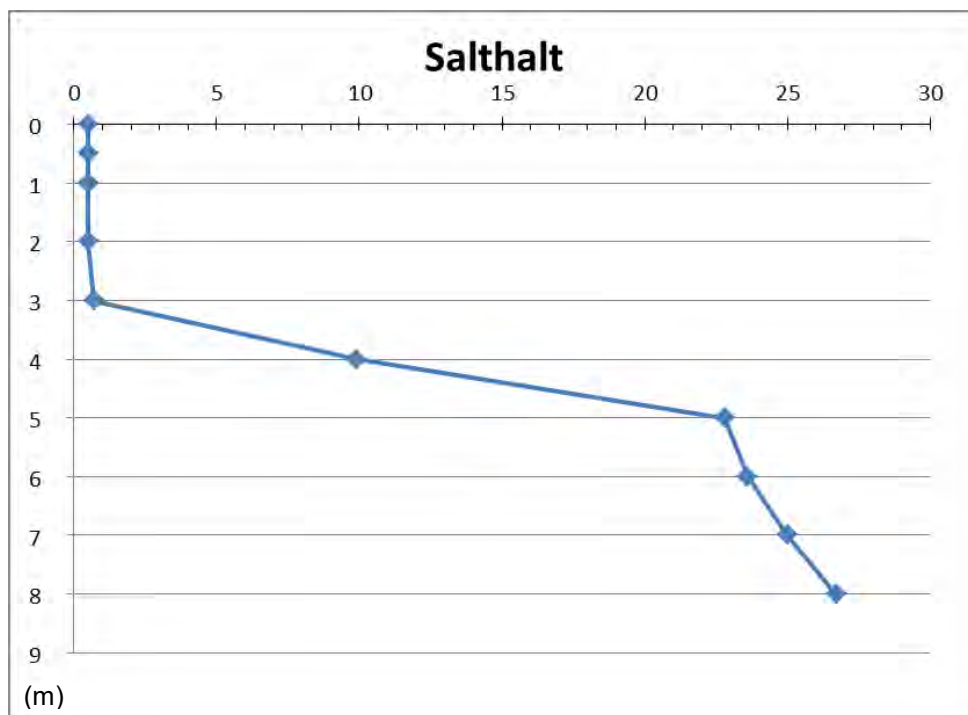
5.3 Strömmar, salthalt och skiktning

5.3.1 Befintliga förhållanden

Göta älv som rinner från Vänern till Kattegatt, delar vid Kungälv upp sig i två grenar; Nordre älv och den s.k. Göteborgsgrenen. För att förebygga saltvatteninträngning i VA-verkets råvattenintag vid Lärjeholm vidmakthålls alltid ett visst minsta flöde i Göteborgsgrenen. Detta sker bl a genom en skärm i Nordre älv vid Ormo. Vattenföringen i Göta älv i höjd med Järnvägen är normalt ca 150 m³/s, men kan tidvis uppgå till ca 300 m³/s. Vid lågflöden styrs flödet över från Nordre älv till Göteborgsgrenen.

När ett utströmmande vattendrag når havet uppstår ett av själva utströmningen/flödet och topografin styrt strömningsförhållande, s.k. estuarin cirkulation. Det utströmmande, lättare sötvattnet drar med sig underliggande, tyngre saltvatten som blandas in i ytvattnet. För att ersätta detta vatten uppstår en underström av salt vatten inåt vattendraget. Underströmmens storlek och hur långt upp i älven denna når beror framför allt på flödet i älven, men även vattenståndet. Ju mindre älvflöde (och högt vattenstånd) desto längre upp når den s.k. saltkilen. Vid låg vattenföring i älven och/eller högt vattenstånd i havet kan denna vid enstaka tillfällen nå ända upp till vattenintaget i Alelyckan.

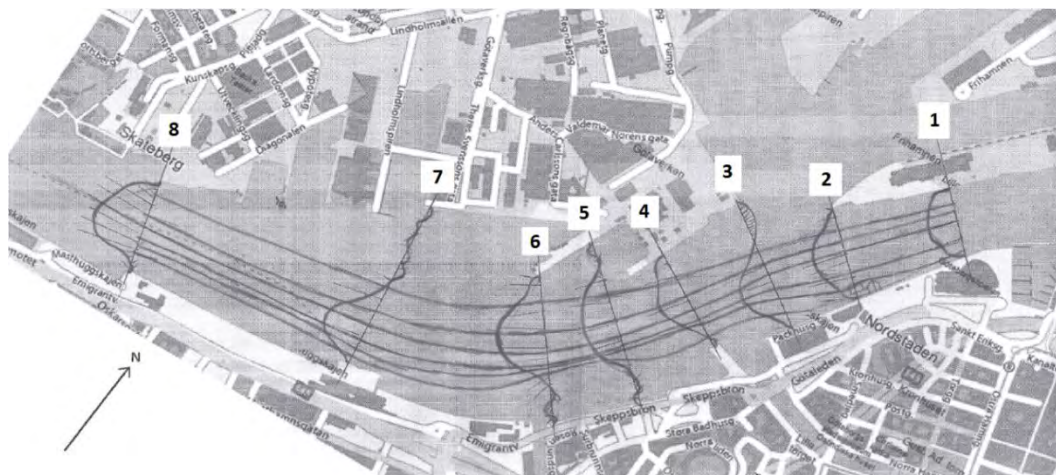
I övergången mellan sötvattnet och det saltare djupvattnet bildas ett salthaltssprångskikt (haloklin), där salthalten och därmed vattnets densitet ökar snabbt med djupet, se Figur 8.



Figur 8. Salthaltsprofil

Normalt ligger salthaltssprångskiktet i aktuell del av älven kring ca 3-6 m djup. Detta vatten utgör en del av ett utströmmande ytvatten där det pågår en intensiv omblandning och upptransport av saltare djupvatten från under-/returströmmen. På större djup finns ett mer ensartat vatten med en salthalt på vanligen 15 - 25 ‰ (som utgörs av det ytvatten från den Baltiska kustströmmen utmed västkusten som dras in i älvens inlopp av det utströmmande älvvattnet). Även om det finns en variation i salthalt under olika perioder är det generella förhållandet entydigt, d.v.s. att det utströmmande älvvattnet skapar en kraftig salthaltsskiktning.

De lokala strömmarna och vattenomsättningen drivs främst av flödet i älven och de lokala topografiska förhållandena men även till viss del av vind och variationer i vattenstånd och språngskiktsnivå. Nedströms Göta älvbron sker en markant vidgning av älven (vid inloppet till Frihamnen) samtidigt som älven kröker sig, vilket gör att huvudströmfåran i denna del av älven stryker längs norra älvstranden. Utanför f.d Götaverken finns ett antal pirar som distinkt styr ut huvudströmmen i riktning mot södra älvstranden och Masthuggskajen, se Figur 9.



Figur 9. Kurvor som visar hastighetsfördelningen i horisontalplanet samt strömlinjer. Bilden visar ungefärligt strömsituationen på 2 m djup.

Strömhastigheten i strömmens centrala del varierar mellan ca 0,3 och 0,7 m/s i ytan och avtar därefter mot djupet för att byta riktning på ca 5-6 m djup och därunder vara riktad uppåt älven. Strömhastigheten i det underliggande bottenvattnet är låg, i storleksordningen 0,1-0,2 m/s.

Strömvirvlar uppstår ofta där abrupta förändringar i älvens sektion sker, t.ex. vid inlopp till hamndelar, där solida konstruktioner som kajer etc. återfinns, t ex Stenpiren vid Skeppsbron. Stenpiren utgör ett fysiskt hinder för den utgående ytströmmen och fungerar som en strömavvisare som styr ut den mer strandnära ytströmmen mot älvens centrala delar. Nedströms piren utbildas en (möjligen två) bakström/-mar som sträcker från piren ända ner mot Rosenlundskanalen. En bit nedströms Rosenlundskanalen följer huvudströmmen Masthuggskajen för att kort därefter åter bli mer centralt placerad i älvfåran.

5.4 Vattenstånd

SMHI anger följande karaktäristiska vattenstånd vid Torshamnen:

Observerat rel MW	m	år
HHW	1,69	1914
MHW	1,00	
MW	0	
MLW	-0,62	
LLW	-1,12	1976

Medelvattenståndet för 2015 har av SMHI beräknats till +0,035 uttryckt i rikets höjdsystem RH2000.

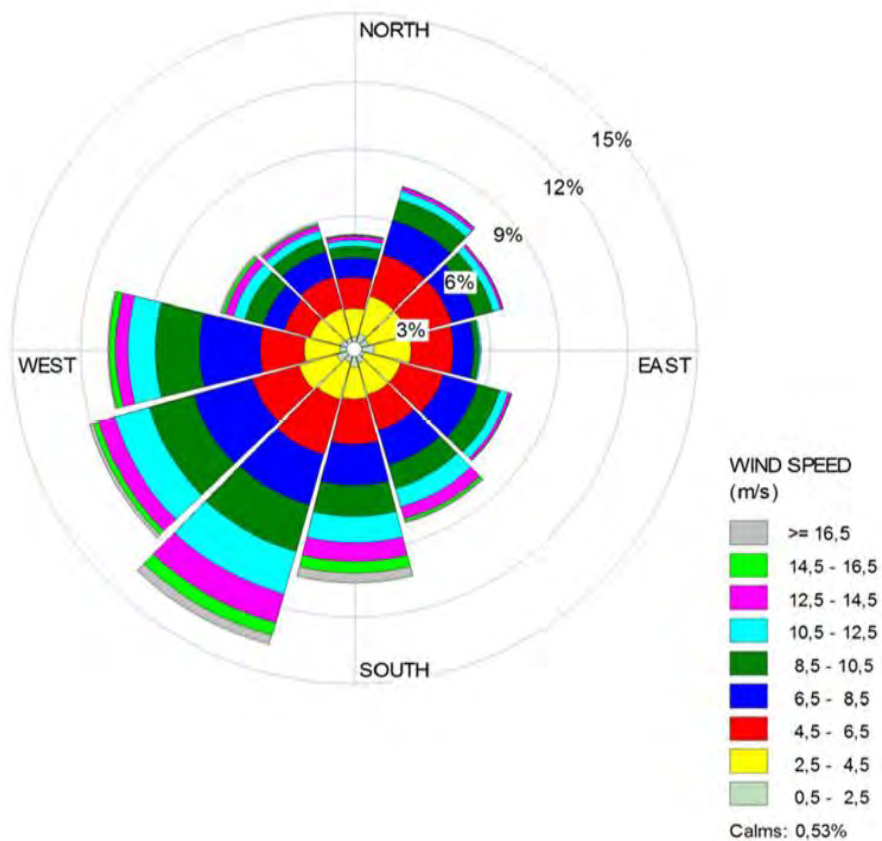
Värdena härrör från SMHI:s mätstation Göteborg-Torshamnen med stöd av Klippan (1959-1969) och Ringön (1887-1958).

Medelvattennivån vid Järnvågen är ca 10 cm högre.

Högsta högvattenstånd i Göteborg, 169 cm över medelvatten år 1914, uppmättes vid Ringön som ligger längre uppströms än Torshamnen. Det är sannolikt att denna registrering innehåller en vinduppstuvningseffekt i Göta älv och att den i viss mån överskattar havsvattenståndet vid öppna kusten. Under stormen Gudrun 2005 uppmättes 149 cm över medelvattenståndet vid Torshamnen. Detta värde är lite lägre än ett vattenstånd med 100 års återkomsttid i Göteborg.

5.5 Vind

Förhärskande vindar uppträder i sektorn syd till väst, se vindrosen i Figur 10.



Figur 10. Vindros för Vinga, 2007– 2012

5.6 Vågor

Två typer av vågor kan uppträda vid Järnvågen, vindgenererade vågor och svallvågor från passerande fartyg.

Hur stora vågor som kan bildas av vinden vid Järnvågenområdet beror på ett antal faktorer, främst vindstyrka och vindens stryklängd. Stryklängd är längden på den fria vattenyta som vinden kan blåsa över och skapa vågor. Den största stryklängden finns i västlig riktning, där vinden kan verka över vattenytan från Eriksberg till Rosenlunds-kanalens mynning, en sträcka på ca 2,5 km. Vid en västlig storm kan vågor med en signifikant våghöjd på upp till ca 1 m uppträda. Då denna vågriktning är motriktad den utåtgående strömmen i Göta älv blir vågorna korta och branta, s.k. krabb sjö.

Svallvågors storlek beror också på flera faktorer, bland annat fartygens storlek, skrovform och fart samt vattendjup och batymetri. Hastigheten i farleden är begränsad till 5 knop för fartyg med en längd över 12 m. Älvsnavben har dock dispens att köra i 11 knop. Våghöjden på svallvågor från stora fartyg som passerar i farleden bedöms kunna uppgå till som högst ca 0,7 m.

6 Sjöfart och maritima risker

6.1 Allmänt

Stor vikt har lagts vid att klarlägga vilken inverkan den planerade vattenverksamheten vid Järnvågen kan ha på sjöfarten och den maritima säkerheten.

SSPA Sweden AB har anlitats för att sammanställa nuvarande och förväntad framtida fartygstrafik vid Järnvågen, utreda vilken påverkan på fartygstrafiken på älven som utbyggnaden innebär, vilka risker med påsegling av Järnvågen som kan förväntas och för att ge dimensioneringsunderlag för påseglingsskydd. Resultat från dessa studier finns redovisade i rapporten *Maritim riskbedömning för utvecklingsprojekt Järnvågen med vattenverksamhet och ny DP för södra Älvstranden mellan Rosenlundskanalen och kajplatserna 22-24*, daterad 2015-12-20 (Bilaga 2).

Ett möte för att identifiera maritima risker hölls hos Sweco den 17 juni 2015. Närvarande var bland andra Hamnmyndigheten vid Göteborgs Hamn, Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, Stena Line, Styröbolaget och Göteborg Energi. Vid mötet diskuterades bland annat bästa utformning och läge för en tilläggsplats för kollektivtrafikfärjorna Älvsudden och Älvsudden. Ett beslut vid mötet var att genomföra en fartygssimulering av hur tilläggs- och avgångsmanövrer med m/s Stena Jutlandica vid kajplats 24-25 påverkas av utbyggnaden vid Järnvågen.

Den huvudsakliga påverkan en utbyggnad av Järnvågen (och Skeppsbron) har på sjöfarten är att all trafik kommer att koncentreras till den djupa farleden i älvens mitt. Idag finns möjlighet för båtar med mindre djupgående att passera på grundare vattenområden söder om farledsmarkeringarna.

6.2 Fartygssimulering

Simuleringar av ankomst/avgång vid kajplats 24-25 med m/s Stena Jutlandica genomfördes under två dagar (3-4 november, 2015) i SSPAs manöversimulator. Syftet med simuleringarna var att utreda tillgängligheten till kaj 24 - 25 och hur den påverkas av den planerade utbyggnaden vid Järnvågen.



Figur 11. Tilläggning vid västlig vind 12 m/s

Simuleringarna utfördes i realtid och i olika vindförhållanden i desktop-miljö, dvs. utan omvärldspresentation (se Figur 11). Vid simuleringarna kördes fartyget av två av Stena Lines befälhavare som båda har lång erfarenhet av fartyget.

Simuleringarna visar att fartyget har mycket god manöverförmåga och även efter utbyggnad av Järnvågen har kapacitet att gå till och från kaj 24-25 i alla vindstyrkor som lokalt förekommer. Det finns därför inte av detta skäl något hinder mot utbyggnaden.

Resultat av simuleringarna presenteras i rapporten *Manöversimuleringar av Stena Jutlandica, Masthuggsterminalen, kaj 24-25*, daterad 2016-01-22 (Bilaga 3).

6.3 Påsegling – förutsättningar för utformning av konstruktioner

6.3.1 Inledning

SSPA Sweden AB har anlitats för att utreda vilka risker med påsegling av Järnvågen som kan förväntas, vilken påverkan på fartygstrafiken på älven som utbyggnaden innebär och för att ge dimensioneringsunderlag för påseglingsskydd. Resultaten från dessa studier finns redovisade i rapporten *Maritim riskbedömning* (Bilaga 2)

Liksom för övriga kajer utmed Göta Älv finns en potentiell risk för att ett fartyg, på grund av ett tekniskt fel på fartyget eller av ett mänskligt fel, kan komma ur kurs och kollidera med kajen. Det har även i detta fall bedömts finnas en icke försumbar risk att ett fartyg som passerar i farleden, eller som ska lägga till vid/avgå från kajplats 24-25, kan segla in i Järnvågens kajer och anläggningar.

6.3.2 Dimensionerande fartyg

Det är olika fartyg som är dimensionerande på olika sidor av den planerade utbyggnaden.

På Järnvågens västra sida är det antingen en Stenafärja eller ett stort uppströmsgående fartyg på älven som är dimensionerande.

På Järnvågens norra sida kan påsegling ske av både uppströmsgående och nedströmsgående fartyg på älven.

På den östra sidan kan påsegling bara ske av nedströmsgående älvfartyg.

Som dimensionerande Stenafartyg har m/s Stena Jutlandica valts. Hon är 184 m lång, 28 m bred och har ett displacement på 18 400 ton.

Dimensionerande bland de fartyg som går upp i Göta älv är så kallade Surtemax-fartyg. Det är fartyg som är för stora för att passera slussarna i Lilla Edet och Trollhätte kanal, men som trafikerar älvens nedre del till Surte eller Bohus, för att sedan vända vid Jordfallsbron. Ett Surtemaxfartyg är upp till 125 m långt, 16,5 m brett och har ett displacement på drygt 8 000 ton.

6.3.3 Möjliga orsaker till påsegling

Av den maritima riskbedömningen framgår att tre olika typer av fel kan tänkas orsaka en kajpåsegling:

- Roderfel. Rodret låser sig och orsakar en oönskad gir.
- Mänskligt fel. Oavsiktlig avvikelse från korrekt kurs.
- Blackout. Önskat bortfall av framdrivning.

6.3.4 Olika påseglingsscenarier

Möjliga påseglingsscenarier för Järnvågen illustreras av figuren nedan. Av figuren framgår att feltyp i) låst roder i första hand kan leda till påsegling av norra kajen under relativ brant vinkel medan feltyp ii), mänskligt fel, främst kan leda till påsegling under flack vinkel. Feltyp iii) med blackout bedöms här i första hand kunna leda till påsegling av västra kajen under brant vinkel.



Figur 12. Exempel på hur de tre huvudsakliga feltyperna kan leda till påsegling av Järnvågen på olika platser och under olika vinkel mot kajlinjen för uppströmsgående och för nedströmsgående trafik. (obs – GC-brons utformning är inte den gällande)

Dessa olycksscenarier kan leda till kajpåsegling och konsekvenserna beror då i hög grad av fartygets storlek (displacement/massa), dess hastighet och påseglingsvinkeln.

Stena Jutlandica är betydligt större och har ett större displacement än ett Surtemaxfartyg. Dock bedöms en påsegling av Stena Jutlandica ske med avsevärt lägre hastighet än den ett fartyg som passerar i älven har.

En påsegling av Stena Jutlandica sker under en misslyckad tilläggnings- eller avgångsmanöver. Påsegling kan ske i närmast rät vinkel, men hastigheten bedöms inte kunna vara högre än 4 knop.

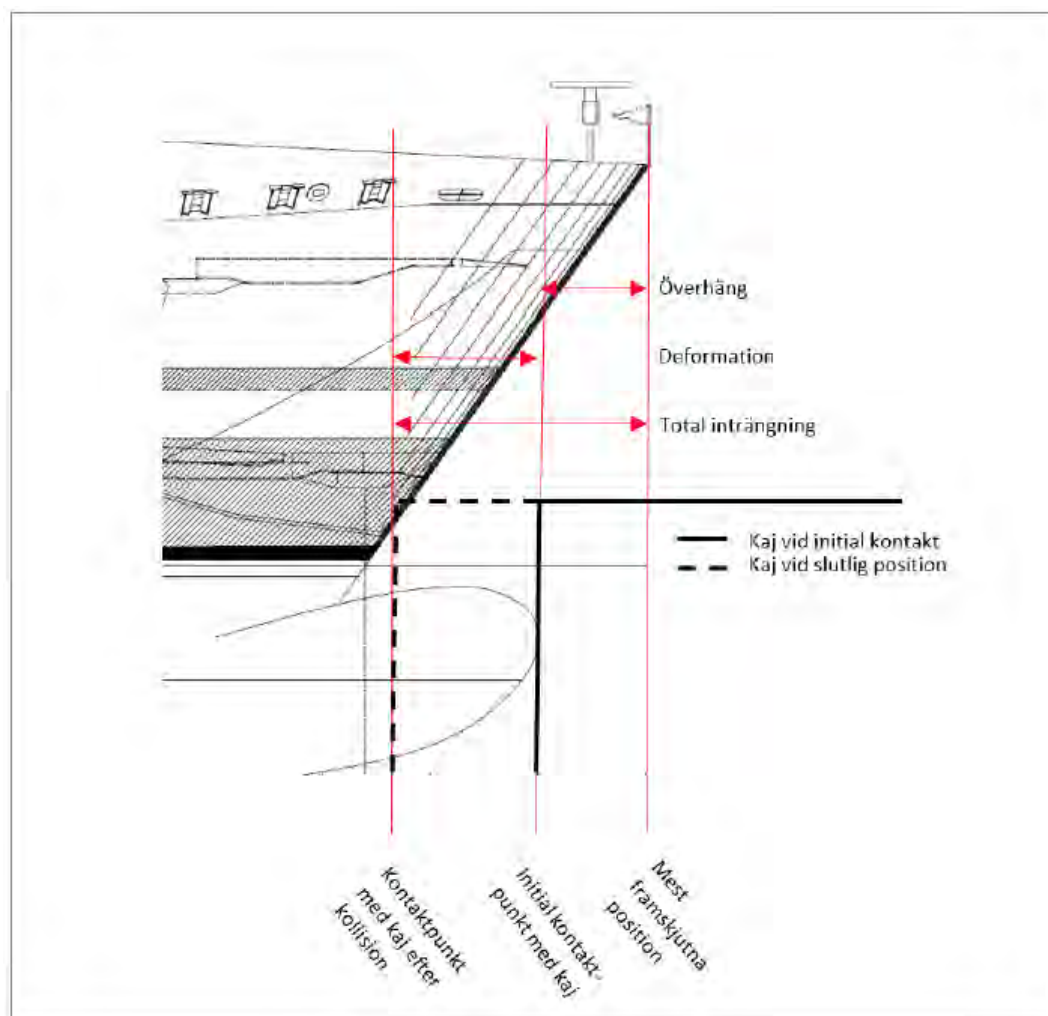
Ett Surtemaxfartyg som seglar på Järnvågens östra sida kan träffa i rät vinkel med en hastighet på upp till 8 knop.

Ett Surtemaxfartyg som seglar på Järnvågens norra sida kan träffa antingen med en hastighet på upp till 8 knop, men då i mycket flack vinkel, eller i en brantare vinkel på upp till 60°. Påsegling i brant vinkel kan dock bara ske efter en kraftig gir. Under giren sjunker hastigheten så att den är högst 5 knop då fartyget träffar kajen.

6.3.5 Inträngning i kaj vid påsegling

Påseglingsförloppet har analyserats för de båda dimensionerande fartygen vid en kollision med kajen. Vid kollisionen absorberas fartygets kinetiska energi antingen genom deformation av fartygets skrov och/eller genom deformation av kajen.

Fartygets inträngning i kajen beror av deformationen av fartyget eller kajen, men även av bogens geometri, se Figur 13 nedan.



Figur 13. Schematisk bild som beskriver deformation, överhäng samt total inträngning

6.3.6 Deformation av kaj och påverkan på byggnader

Beräkning av deformation i kajen och påverkan på de byggnader som ligger innanför har utförts för att visa konsekvensen av en påsegling.

Det som händer vid en kajpåsegling är dels att fartyget antingen bucklas eller tränger in en viss sträcka i kajkonstruktionen, dels att marken som utgör fyllning i spontkofferdamen (se stycke 8.5.1 och 8.5.2) häver sig. Fartygets inträngning i kajen medför att jordtrycket mot den bakre spontväggen ökar. Följden blir då att den bakre spontväggen förflyttas ett stycke och även påverkar bakomliggande byggnader.

Som nämnts i avsnitt 6.3.4 är de dimensionerande fartygen för kajpåsegling Stena Jutlandica och Surtemax.

Stena Jutlandica

Som tidigare visats är det bara den västra sidan av utbyggnaden som antas kunna seglas på av Stena Jutlandica. Hastigheten antas vara högst 4 knop.

Bulben är den första del av fartyget som kommer i kontakt med kajen. Stena Jutlandica har en mycket kraftig bulb. Det har därför bedömts att bulben kommer att förbli intakt under påsegligsförloppet, medan spontväggen penetreras och bulben tränger in i fyllnadsmassorna. Härvid bromsas fartyget och stannar efter 2,3 meter. Det innebär att fartygets bog ovanför bulben aldrig kommer i kontakt med kajväggen.



Figur 14.
Den vänstra bilden visar en fartygsbulb som är intakt efter att ha penetrerat en spontkaj med sandfyllning. Den högra bilden visar den uppfläta spontkajen

Framför bulben förskjuts fyllnadsmassorna i kofferdamen bakåt/uppåt och pressas mot den inre spontväggen. Denna kommer härvid att förskjutas 9 cm inåt i linje med bulbens förlängning. Även fyllnadsmassorna på insidan av den inre spontväggen kommer att förskjutas mot byggnaden, så att även denna förflyttas 9 cm. Förutsatt att byggnadstommen är dimensionerad på ett korrekt sätt är inte denna deformation så stor att byggnaden kollapsar, däremot kan sprickor uppstå.

Surtemax

Surtemaxfartyg antas kunna segla på både västra och östra kajen i rät vinkel med en hastighet av upp till 8 knop. För att kunna träffa norra kajen måste fartyget först göra en kraftig gir, varvid hastigheten beräknas sjunka till 5 knop.

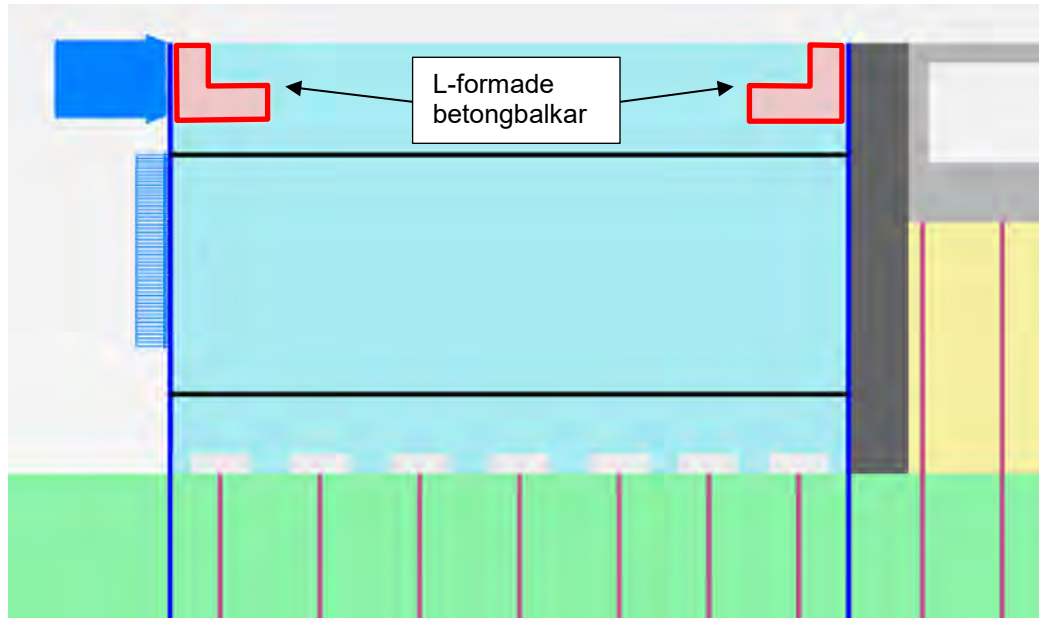
Surtemaxfartyg har en klenare bulb än Stena Jutlandica. Vid en påsegling antas därför att bulben bucklas medan spontväggen förblir intakt.

Då bulben bucklats ihop träffar fartygets stäv kajens övre kant på nivån +2,8. Även här sker en deformation i fartygets skrov. Kraften från påseglingen får hela kofferdamen att deformeras, så att dess bakvägg förskjuts inåt. Liksom i fallet med Stena Jutlandica blir det även en förflyttning av byggnaden innanför kofferdamen. I detta fall kan förflyttningen bli upp till 12 cm. Inte heller detta orsakar någon kollaps hos byggnaden om den är korrekt dimensionerad, men sprickor kan uppstå.

Energiupptagande betongbalkar i kofferdamen

För att fördela kraften över en större bredd när bogen på ett Surtemaxfartyg träffar kajen, utförs längsgående betongbalkar i överkant på kofferdamens spontväggar.

Balkarna, som har ett L-formigt tvärsnitt, täcker ytan från nivå +1 till +2,8 både på den yttre och den inre spontväggen.



Figur 15. Kraftfördelande betongbalkar innanför spontväggar

Avstånd mellan kajkant och byggnad

Fartygets inträngning i kajen plus bogens överhäng blir aldrig så stort att fartyget kommer i fysisk kontakt med en byggnad, jämför Figur 13 ovan.

Det minsta avståndet mellan kajkant och byggnad ges av den förskjutning av fyllnads-massorna bakåt/uppåt i kofferdamen som sker när fartyget tränger in i kajen. För att inte rörelserna i jorden och själva byggnaden ska bli så stora att byggnadens stomme kan skadas, bedöms avståndet mellan kajkant och byggnad behöva vara minst 18,5 m på utbyggnadens västra och östra sida. På utbyggnadens norra sida, där hastigheten vid en påkörning är mindre och träffvinkeln flackare, måste avståndet vara minst 15 m (jämför Figur 35 – Figur 39 under avsnitt 8.7 längre fram i texten).

Dimensionering av byggnader för påseglingslast

Byggnaderna måste dimensioneras för en horisontell rörelse i jorden på 9-12 cm, vilken antas ske under 2 sek. Byggnadens stomme ska därför dimensioneras för det förhöjda jordtryck som påseglingsscenario innebär. Hänsyn ska även tas till påseglingens dynamiska effekter.

Pålar för grundläggning av byggnader måste vara dimensionerade för den tvärkraft och det böjande moment som den horisontella rörelsen kan ge upphov till. Om en pre-fabricerad byggnadsstomme används måste denna utformas så att bärförmågan är säkerställd vid påsegling. Lasten är att betrakta som olyckslast.

7 Befintliga anläggningar

7.1 Inledning

I detta kapitel beskrivs uppbyggnaden av den befintliga kajsträckan inom det aktuella utbyggnadsområdet översiktligt. I Bilaga 4, *Den befintliga Masthuggskajen*, redogörs mer detaljerat för befintliga anläggningar och verksamheter utmed en betydligt längre del av Masthuggskajen. Detta för att ge en fullständig beskrivning av konstruktionstyper och förhållanden utefter en längre kajsträcka, vilket kan vara av betydelse för en bättre förståelse av det aktuella kajavsnittets uppbyggnad och förutsättningar.

7.2 Aktuellt kajavsnitt

Den röda ovalen i Figur 16 nedan visar den del av befintlig kaj som berörs av byggnad i vatten, kajplatserna 22 och 23.



Figur 16. Aktuellt kajavsnitt (röd oval)

7.3 Ursprunglig kaj

Utmed södra älvstranden var det ursprungligen en "tandad" strandlinje med många små hamnbassänger och mellanliggande pirar, se Figur 17.



Figur 17. Kartutdrag från 1876

Den nuvarande, raka Masthuggskajen byggdes under slutet av 1800-talet, varvid de små bassängerna fylldes igen. Ett sjökortsutdrag från 1935 visar kajen med järnvägsspår och kajskjul.

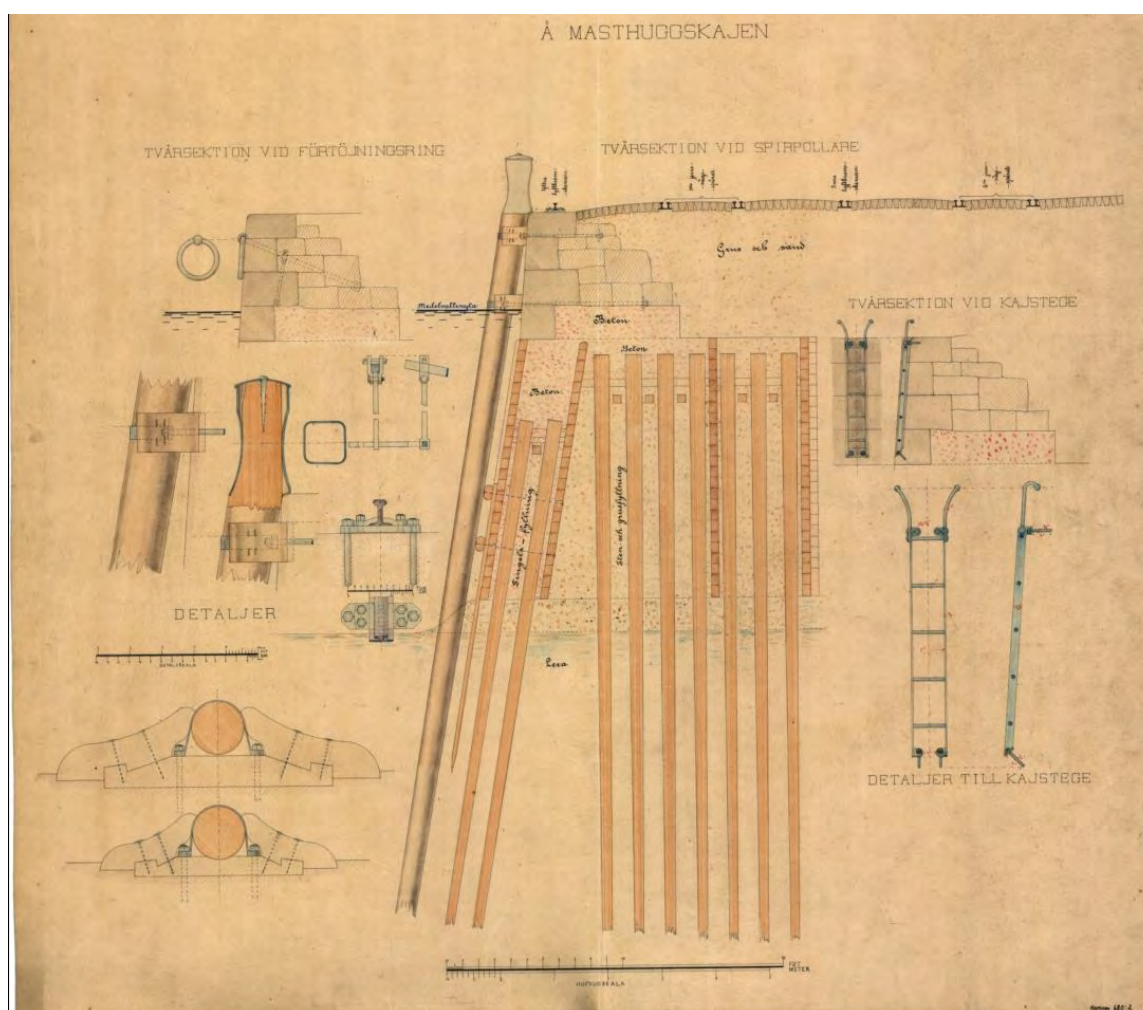


Figur 18. Sjökortsutdrag från 1935

Väster om Rosenlundskanalens mynning fanns dykdalber och pålverk. På norra älvstranden vid Götaverken fanns även då två flytdockor. Ett längsgående ledverk gick utmed farledens södra kant. Ett annat ledverk gick i riktning från kajen ut mot farleden, ungefär i gränslinjen mellan kajplats 23 och 24.

Vattendjupet vid Masthuggskajens östra del, kajplatserna 21-23, var 5,4 meter.

Den raka kajen från slutet av 1800-talet utgörs av en murstenskaj med innanförliggande fyllning, grundlagd på en betongsula som vilar på stenkistor och träpålar. Överst i stenkistorna, kring träpålarnas avskärningsplan, är det betong, därunder fyllning av sten och grus.



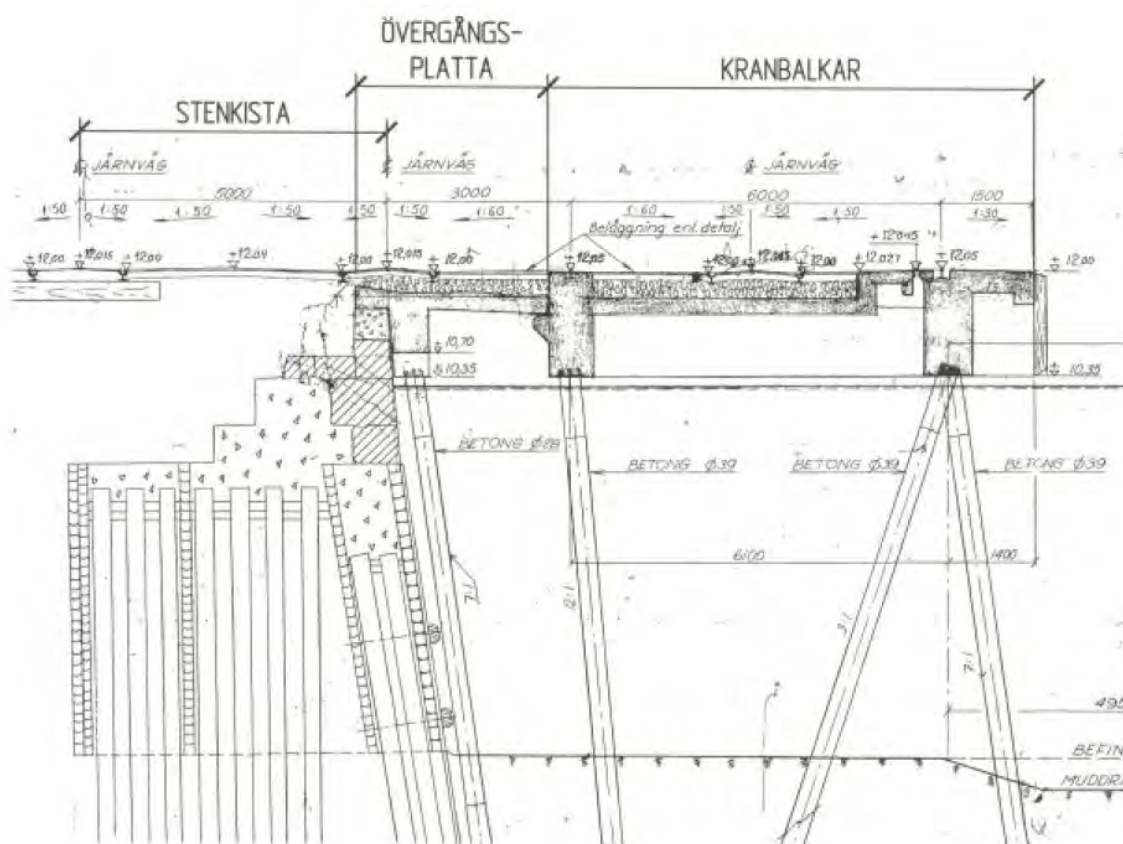
Figur 19. Kajen, sektion och detaljer

Innanför den del av själva kajen som är grundlagd på träpålar vilar fyllningen på flera lager av så kallade *faskiner*, bäddar av korslagda risknippen. Dessa bäddar är lastfördelande samtidigt som de utgör en typ av lättfyllning.

7.4 Breddning av kajen

År 1959 gjordes en breddning av kajen med cirka 11 meter. Breddningen avslutades dock cirka 40 meter väster om Rosenlundskanalens mynning, så att den ursprungliga kajplats 21 inte kom att omfattas (kajplatsnummer 21 har numera utgått).

Utanför det nya kajdäcket ökades det muddrade vattendjupet till 6,5 meter. På den östligaste delen, kajplats 21 och del av 22, bibehölls dock 5,4 meters vattendjup.



Figur 20. Masthuggskajens breddning. Normalsektion från 1958

8 Planerade anläggningar och arbeten i vattenområdet

8.1 Inledning

I detta kapitel beskrivs de planerade anläggningar som utgör vattenverksamhet. Stycke 8.2 visar planområdet inom vilken byggande i vatten kommer att ske. Stycke 8.3 illustrerar arkitektvisioner av hur utbyggnadsområdet kan komma att ta sig ut sedan det bebyggt. Byggnaderna ingår dock inte i den vattenverksamhet som tillstånd söks för. I styckena 8.5 - 8.10 redogörs för de olika konstruktionerna och möjliga anläggningsmetoder. Här beskrivs även ny tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor, GC-bro över Rosenlundskanalens förlängning och åtgärder på kajkanter utmed kanalen. Stycke 8.11 beskriver konstruktioner för att anlägga en tilläggsplats för oljefartyg vid Skeppsbron. Dessa anläggningar ligger utanför detaljplaneområdet för Järnvägen men är föranledda av utbyggnaden vid Järnvägen och omfattas därför av den sökta vattenverksamheten.



Figur 21. Planerade anläggningar

8.2 Utbyggnad

En utbyggnad med en area på cirka 18 000 m² ska göras i vattenområdet utanför kajplatserna 22-23. Ytan bygger cirka 100 m ut från befintlig kajlinje och sträcker sig cirka 180 m i ost-västlig riktning. Färdig nivå på markytor ska vara minst +2,8 i RH 2000. Till utbyggnaden åtgår cirka 145 000 m³ fyllnadsmassor.

Planområdet framgår av Figur 22.



Figur 22. Plan. Utbyggnadsområdet inom den streckade ovalen

En detalj av utbyggnadsområdet visas i Figur 23.



Figur 23. Plan över utbyggnadsområdet

8.3 Arkitektonisk utformning

Bebyggelsen på den utfyllda ytan är tänkt att bestå av relativt höga byggnader något kvarter in från kajkant. Byggnadshöjderna kommer sedan successivt att trappas ned mot vattnet, men även närmast kajkant planeras flervåningsbyggnader. Perspektivvyer ur en modell visas i Figur 24 - Figur 26.

Byggnaderna ingår inte i den sökta vattenverksamheten, figurerna nedan visas endast för att ge en förståelse för det tänkta utnyttjandet av ytan. Dessa illustrationer är arkitektvisioner och visar inte ett slutligt utseende på byggnader och anläggningar.



Vy från norr



16.11.01 - MASTHUGGSKAJEN



[KANOZI] ARKITEKTER

Figur 24. Modellvy av bebyggelse på utbyggnadsområdet, sedd från norr



Vy från nordväst



16.11.01 - MASTHUGGSKAJEN



[KANOZI] ARKITEKTER

Figur 25. Modellvy sedd från nordväst



Vy från väster



16.11.01 - MASTHUGGSKAJEN



[KANOZI] ARKITEKTER

Figur 26. Modellvy sedd från väster

8.4 Kajer och påseglingsskydd

8.4.1 Allmänt

De byggnader som kommer att uppföras på det utfyllda området måste skyddas från att skadas om ett fartyg på grund av tekniskt eller mänskligt fel skulle hota att ramma kajen.

Det antas att människor som uppehåller sig utomhus på kajpromenaden eller i båtar kan göras uppmärksamma på den annalkande faran och hinna sätta sig i säkerhet om ett fartyg är på väg att ränna in i kajen.

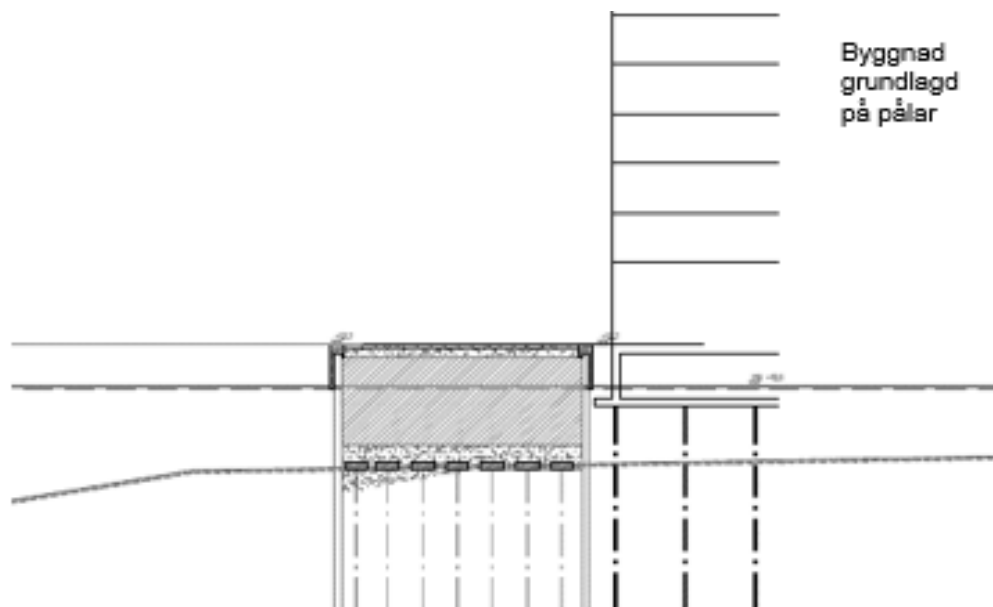
Däremot måste människor som vistas inne i byggnader skyddas. Byggnader får inte träffas av ett fartyg som seglar på kajen. De måste också skyddas från energi som fortplantas genom marken.

Påseglingsskydd kommer att anordnas för att skydda människor och byggnader från att skadas om ett fartyg skulle ramma kajen.

Två olika huvudtyper av påseglingsskydd har utretts, dels en massiv kaj med integrerat påseglingsskydd, dels en kaj med framförliggande påseglingsskydd.

8.4.2 Massiv kaj med integrerat påseglingsskydd

En massiv kaj med fyllnadsmassor som tar upp energin från ett påseglande fartyg visas i principskissen i Figur 27.



Figur 27. Principskiss på massiv kaj

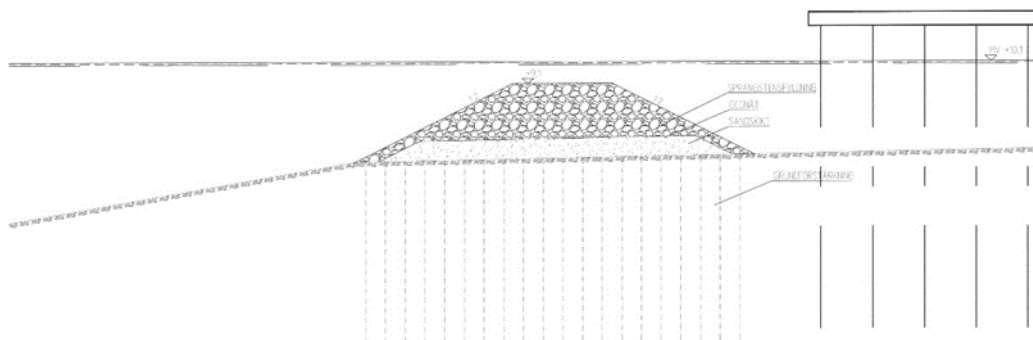
Kajkanten utgörs exempelvis av stålspont med innanförliggande fyllnadsmassor. Under fyllningen finns en grundförstärkning som kan bestå av bankpållning.

Om ett fartyg seglar in i kajen tas fartygets rörelseenergi upp, antingen genom att skrovet bucklas eller genom att först sponten bucklas och sedan genom friktion mot fyllnads-massorna då fartyget tränger in dessa. Eventuellt sker energiupptagningen genom deformation både i fartygsskrov och kajkonstruktion.

Husliv på byggnader placeras på ett visst säkerhetsavstånd från kajkanten dit inget fartyg kan tränga in och där en stötkraft i jorden som fortplantas till byggnaden blir av en magnitud som inte kan skada byggnadsstommen.

8.4.3 Kaj med utanförliggande påseglingsskydd

Den andra huvudprincipen är att anlägga ett påseglingsskydd i form av en undervattens-bank av sprängsten utanför kajen. Banken har en krönhöjd, krönbredd och avstånd från kajlinjen så att ett fartyg går på grund och stannar innan det når fram till kajkanten. En principiell utformning visas i Figur 28.



Figur 28. Kaj med utanförliggande påseglingsskydd

Undervattensbanken består av storblockig sprängsten så att den inte eroderas av strömmar, vågor eller propellerströmmar och så att den ger maximal friktion mot ett fartygsskrov. Banken grundläggs på bankpålning för att ligga stadigt och inte orsaka sättningar i den underliggande leran. Bankens höjd, bredd och avstånd från kajlinjen väljs för att ge fullgod effekt vid förekommande vattenstånd, fartygstyper och påseglingsriktningar.

Om påseglingsskyddet utformas så att fartyg stannar innan de når kajkanten kan husliv i princip ligga i själva kajlinjen.

8.4.4 Valt påseglingsskydd

Av de båda typer av påseglingsskydd som beskrivits ovan förordas vid Järnvågen ett utförande med massiva kajer som har ett integrerat påseglingsskydd. Alternativet med utanförliggande påseglingsskydd i form av en sprängstensbank under vatten har förkastats.

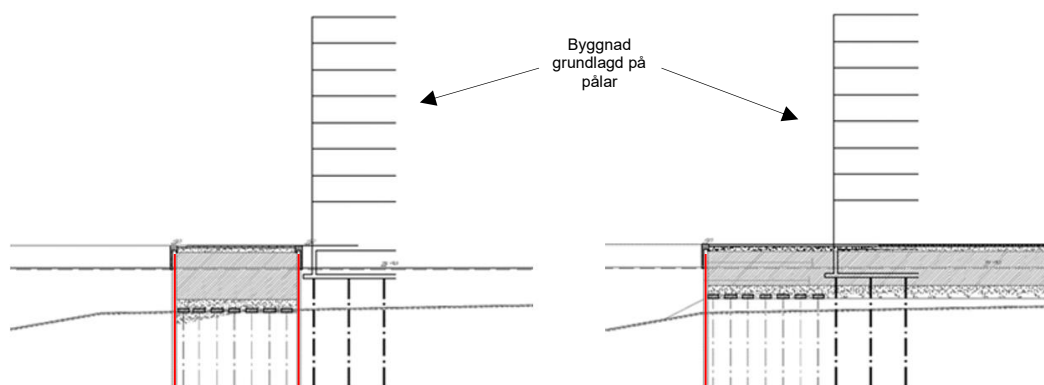
Genom att inte lägga en sprängstensbank på botten innanför farleden kan kajkanten på utbyggnadsområdet läggas längre ut. På så sätt kan man optimalt utnyttja tillgänglig yta för exploatering samtidigt som intilliggande vattenområde kan användas för navigation utan undervattenskonstruktioner som hindrar sjöfarten. Utanför utbyggnadens västra sida är en sprängstensbank utesluten eftersom Stena Lines fartyg behöver fullt vattendjup för manövrering vid tilläggning och avgång.

8.5 Möjliga anläggningsmetoder för utbyggnaden

8.5.1 Allmänt

Utbyggnaden kommer att utföras inom stålspont. Först spontar man utmed blivande kajkant runt utbyggnadsområdet och sedan arbetar man i huvudsak inom spont. Transporter kan tas vattenvägen genom en öppning i spontan i utbyggnadens sydvästra hörn.

Det finns två huvudmetoder för anläggande av utbyggnaden. Antingen med en så kallad kofferdam av dubbla sponter med mellanliggande fyllning som inramar utbyggnadsytan eller en enkel stålspont som slås kring hela utbyggnadsområdet.



Figur 29. Alternativa anläggningsmetoder för utbyggnadsområdet. Till vänster visas en spontkofferdam, till höger en enkel spont runt hela utbyggnaden (spont markerad med rött)

8.5.2 Kofferdam

Vid ett utförande med en kofferdam slås först stålspont kring hela områdets yttre perimeter. Därefter slås ytterligare en spont parallellt med den yttre, 10-15 meter innanför. De båda spontväggarna kopplas samman med dragstag. Mellan spontväggarna görs en fyllning med högvärdiga fyllnadsmassor av friktionsjord. Denna konstruktion bestående av dubbla, hopkopplade spontväggar med mellanliggande fyllning, kallas kofferdam.

Innan fyllningen påförs måste grundförstärkning, exempelvis med bankpålning, utföras mellan spontväggarna. Lösa sediment med dålig bärighet kan behöva schaktas undan för att skapa ett bra underlag för pålplattor. Dessa sediment behöver inte nödvändigtvis transporteras bort, utan kan läggas i mitten av utbyggnadsområdet, innanför kofferdamen. Som alternativ till pålplattor kan ett lastfördelande lager av sand läggas över bankpålarna.

En kofferdam utmed utbyggnadens västra och norra sida skapar ingen konflikt med pågrundläggning av byggnader, även om kofferdamen har bankpålning i botten och innehåller fyllnadsmassor av storblockig sprängsten, eftersom markytorna längs dessa sidor utgörs av gator och allmän platsmark.

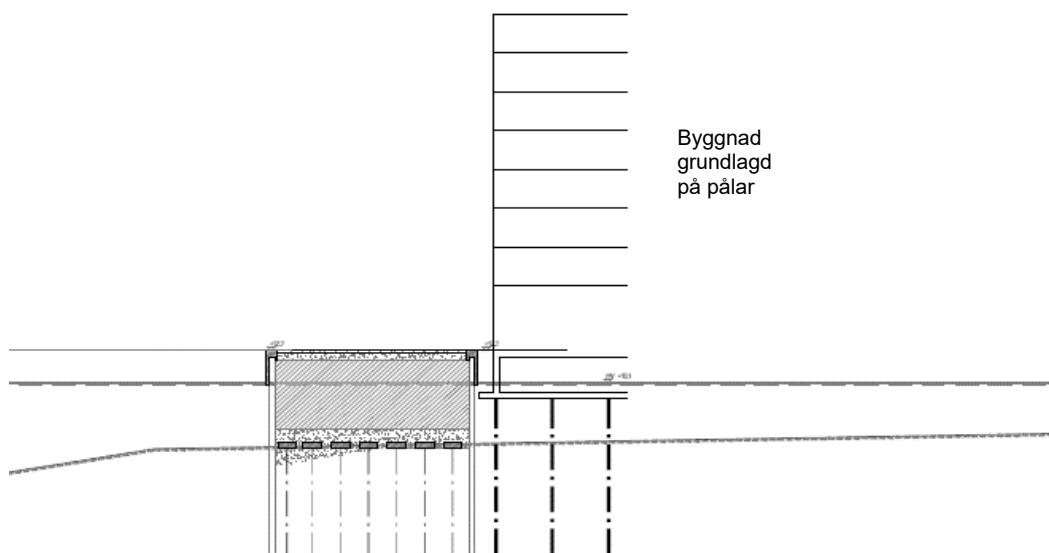
Fyllnadsmassor innanför kofferdamens inre spontvägg behöver inte grundförstärkas eftersom byggnader bärs av sin egen pågrundläggning och gator/ ledningsstråk (ev med inbyggda kulvertar) anläggs på påldäck eller egen grundförstärkning.

Kofferdamen anläggs fristående som första moment. Samma konstruktion används i både utförande- och permanentskede, en yta för byggnation skapas som är helt öppen och sammanhängande.

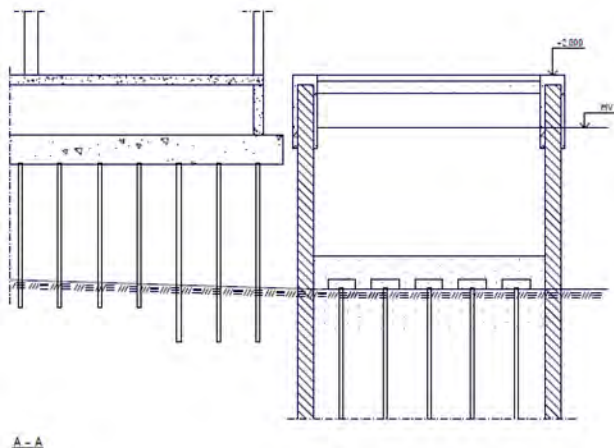
Sponterna, både den yttre och den inre, gjuts in i en krönbalk av betong på spontens båda sidor. Detta görs för att förhindra korrosion och garantera lång livslängd, eftersom katodiskt skydd inte kan förnyas på inbyggda konstruktioner. Spont korroderar mest i skvalpzonen där luftens syre har tillträde. Krönbalken avslutas därför på en lägre nivå än medelvattennivån, förslagsvis lägsta lågvatten (LLW). Slutlig utformning av spontens korrosionsskydd med avseende på krönbalkens underkantsnivå, rostmån och katodiskt skydd på spontens utsida bestäms vid detaljprojektering.

Utfyllnadsarbeten kan göras antingen under vatten eller i torrhet. Byggnad av hus utförs i torrhet. Om fyllningsarbeten görs i vatten krävs länspumpning över nivån för underkant källare på blivande byggnader.

Byggnad i torrhet förutsätter att tätspont slås även mot land och anslutande befintliga konstruktioner.



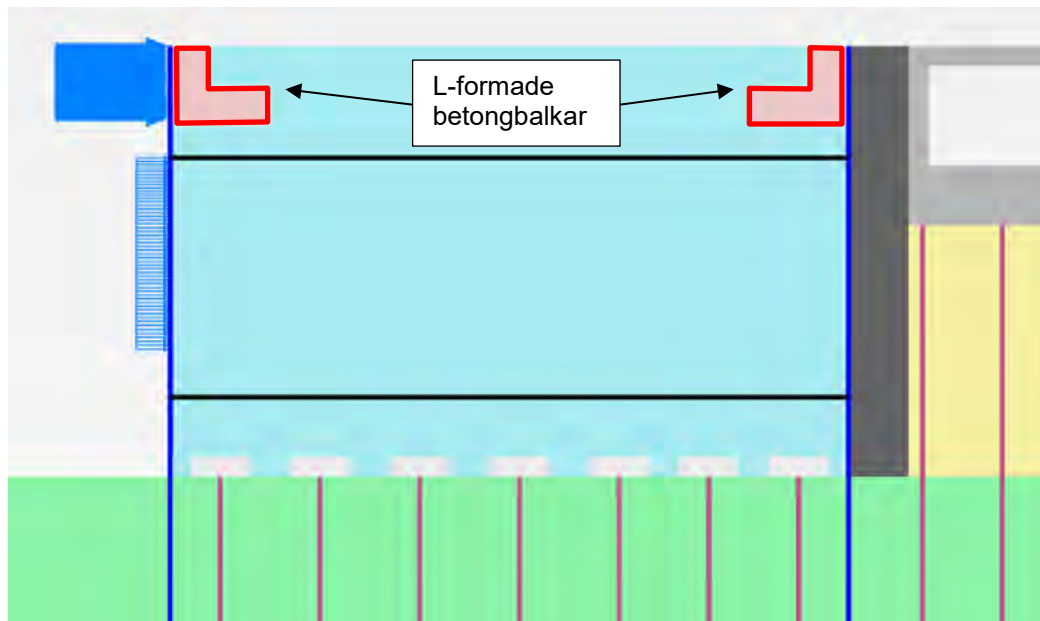
Figur 30. Kofferdam – dubbelspont med innanförliggande fyllning



Figur 31. Spontkofferdam och innanförliggande pålgrundlagd byggnad

För att säkerställa spontkofferdamens funktion som påseglingsskydd utförs längsgående betongbalkar i överkant på kofferdamens spontväggar. Balkarnas funktion är att fördela kraften över en större bredd när bogen på ett Surtemaxfartyg träffar kajen.

Balkarna, som kan ges ett L-formigt tvärsnitt, täcker ytan från nivå +1 till +2,8 både på den yttre och den inre spontväggen, se Figur 32.



Figur 32. Kraftfördelande betongbalkar på spontväggar

Den totala volymen fyllnadsmassor i kofferdamen, upp till färdig nivå +2,8, är cirka 45 000 m³. Volymen fyllnadsmassor inom den yta som inramas av kofferdamen är cirka 100 000 m³.

Ett utförande med kofferdam har valts av flera skäl. Fördelen med detta alternativ är att kofferdamen kan byggas oberoende av placering och grundläggning av de byggnader som ska uppföras på ytan innanför den. Även val av fyllnadsmassor och eventuell grundförstärkning innanför kofferdamen kan göras oberoende av den kringliggande konstruktionen. De dubbla väggarna i konstruktionen och en mellanliggande fyllning av högkvalitativa massor ger bäst energiupptagning och mindre påverkan på innanförliggande byggnader vid en eventuell påsegling.

8.5.3 Enkelspont

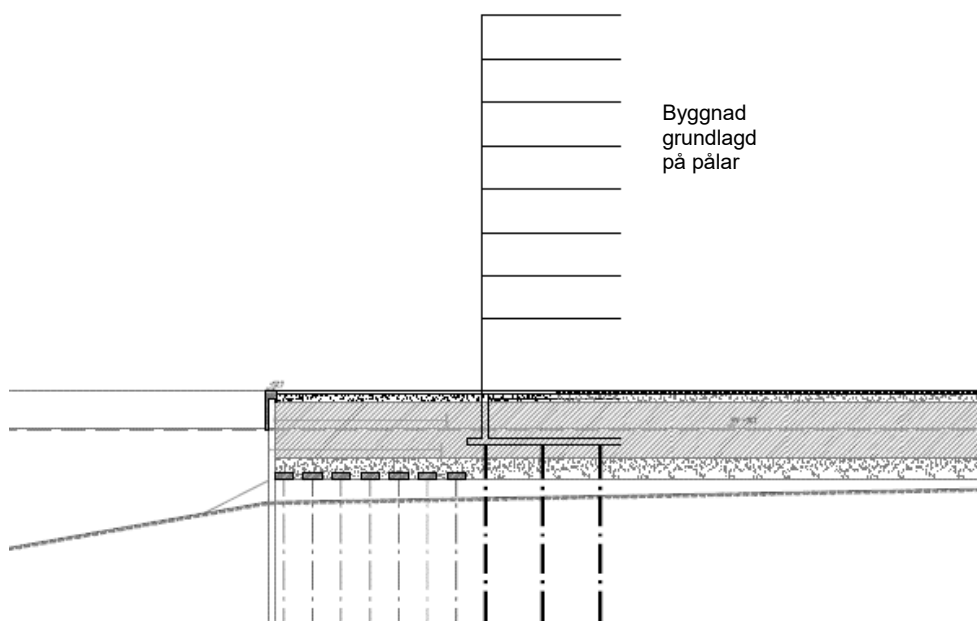
Vid ett utförande med enkelspont slås först stålspons kring hela området. Därefter måste en grundförstärkning göras av leran i den naturliga älvbotten för att den ska kunna bära tyngden av fyllnadsmassorna utan att sättningar uppstår. Grundförstärkningen kan exempelvis utföras med bankpålning. Dock kan det översta sedimentlagret vara så löst att man inte kan lägga påplattor direkt ovanpå. Ska påplattor användas kan ett ytlager med upp till 2-3 meters mäktighet behöva schaktas/muddras bort innan bankpålar kan slås och innan påplattor kan läggas ut. Dessa massor är förorenade och måste omhändertas på en godkänd mottagningsanläggning. Som alternativ till påplattor kan ett lastfördelande lager av sand läggas över bankpålarna.

Sponten slås inledningsvis runt hela det planerade utbyggnadsområdet. I detta skede kommer sponten att utgöras av en konsolspons med huvudsakligt syfte att kunna skapa förutsättning för utbyggnad och byggande på insidan av sponten. Sponten måste därför utgöras av en grov traditionell stålspons eller en spons av typen rörspons som har högre styvhet. Avsikten med sponten är även att den ska utgöra en del av den framtida kajen. Sponten måste i permanentsskedet bakåtförankras med dragstag och ankarplattor i den bakomliggande fyllningen. Bakåtförankring görs på flera nivåer och utförs successivt vartefter som nivån på fyllnaden stiger. Om hela fyllningen i utbyggnaden är grundlagd på bankpålning kan detta skapa problem då byggnader ska grundläggas i ett senare skede. Bankpålar och eventuella påplattor under fyllningen, liksom spontens bakåtförankring, kan då vara i vägen för byggnadernas pålar. Utformning av grundförstärkningen och pågrundläggning för högre byggnader måste i så fall samordnas redan vid projektering av grundförstärkningen.

Sponten gjuts in i en krönbalk av betong, både på spontens utsida och insida. Detta görs för att förhindra korrosion och garantera lång livslängd, eftersom katodiskt skydd inte kan förnyas på inbyggda konstruktioner. Spont korroderar mest i skvalpzonen där luftens syre har tillträde. Krönbalken avslutas därför på en lägre nivå än medelvattennivån, förslagsvis lägsta lågvatten (LLW). Slutlig utformning av spontens korrosionsskydd med avseende på krönbalkens underkantnivå, rostmån och katodiskt skydd på spontens utsida bestäms vid detaljprojektering.

Utfyllnaden görs under vatten upp till nivå för underkant källare på blivande byggnader. Byggande av hus utförs i torrhet. Eftersom underkant källare ligger på nivå ca -0,7 i RH 2000, det vill säga cirka 0,8 meter under medelvattennivån i älven (MW ca +0,14, se stycke 5.4 ovan), krävs länsumpning.

Byggande i torrhet förutsätter att tätspons slås även mot land och anslutande befintliga konstruktioner.



Figur 33. Spontkaj - enkelspont runt om med dragstag/ankarplattor i bakomliggande fyllning.

Den totala volymen fyllnadsmassor i hela utbyggnadsområdet, upp till färdig nivå +2,8, är cirka 145 000 m³.

Ett utförande med enkelspont har förkastats på grund av de skäl som anges i avsnittet om kofferdam ovan. Utbyggnad inom enkelspont komplicerar placering och grundläggning av de byggnader som ska uppföras. Även krav på grundförstärkning och fyllnadsmassor inom hela utbyggnadsområdet blir större. Slutligen ger ett utförande med enkelspont mindre energiupptagning och större påverkan på innanförliggande byggnader vid en eventuell påsegling.

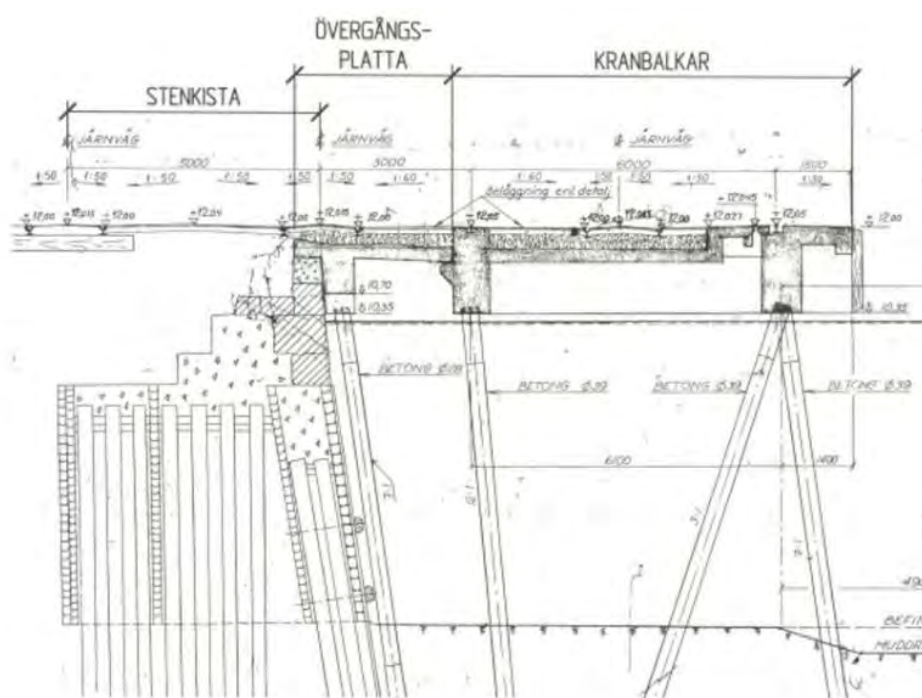
8.5.4 Temporär tätspont mot befintliga konstruktioner

För byggande i torrhet inom utbyggnadsområdet krävs temporär tätspont mot land som ansluter till sponten kring området. Denna temporära spont placeras med hänsyn till rivning av befintlig kaj och anläggande av Emigrantvägens nya sträckning inklusive ledningsstråk. Det kan också bli aktuellt med temporär tätspont utanför befintlig kajvägg mot Rosenlundskanalen, vilken ska renoveras och höjas till nivå +2,8 i höjdsystem RH 2000.

8.6 Rivning av befintlig kaj

Den befintliga kajen utmed utbyggnadens inre del rivs. Rivningsarbetena utförs sedan sponten kring utbyggnadsområdet i huvudsak är slagen. Detta för att så långt möjligt begränsa risken för partikelspridning i vattnet orsakad av rivningsarbetena. Mindre rivning kan dock komma att erfordras redan i samband med etablering samt anslutning av spont till befintlig kaj.

Längs största delen av den cirka 180 meter långa sträckan finns den 11 m breda påldäckskaj av betong som byggdes 1959, se Figur 34.



8.7 Kaj och kajnära konstruktioner

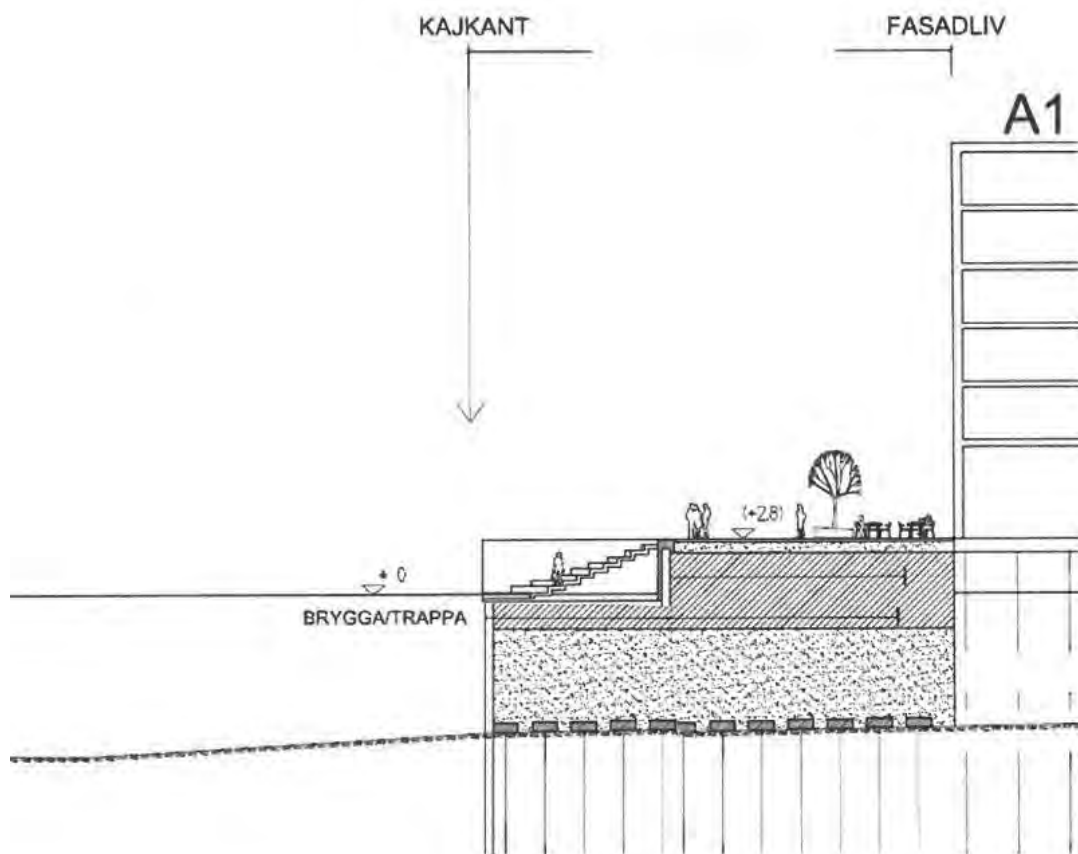
Vid kajkanten planeras olika former av bryggor, trappor och gradänger för att få en nära kontakt med vattnet. Dessa kan vara utformade som lätta konstruktioner, helt eller delvis av trä, som kollapsar vid en påsegling så att energi inte förs vidare in mot kajer och byggnader.

Bryggorna/trapporna kan vara grundlagda på pålar, konsoler eller utgöras av flytande pontoner.

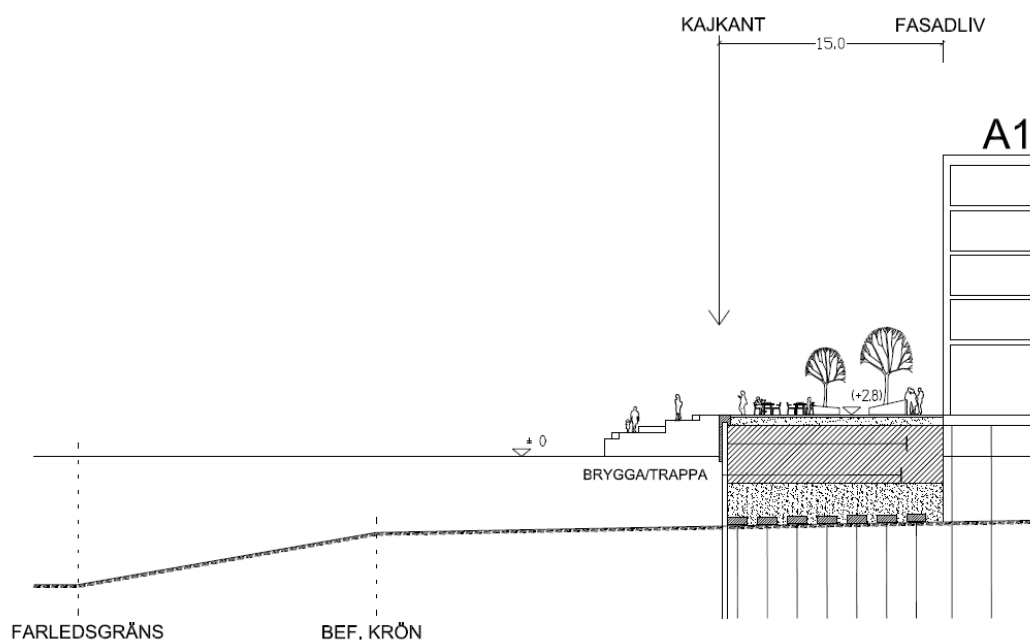
Skisser som illustrerar principen med lätta bryggkonstruktioner visas i Figur 35 - Figur 39.



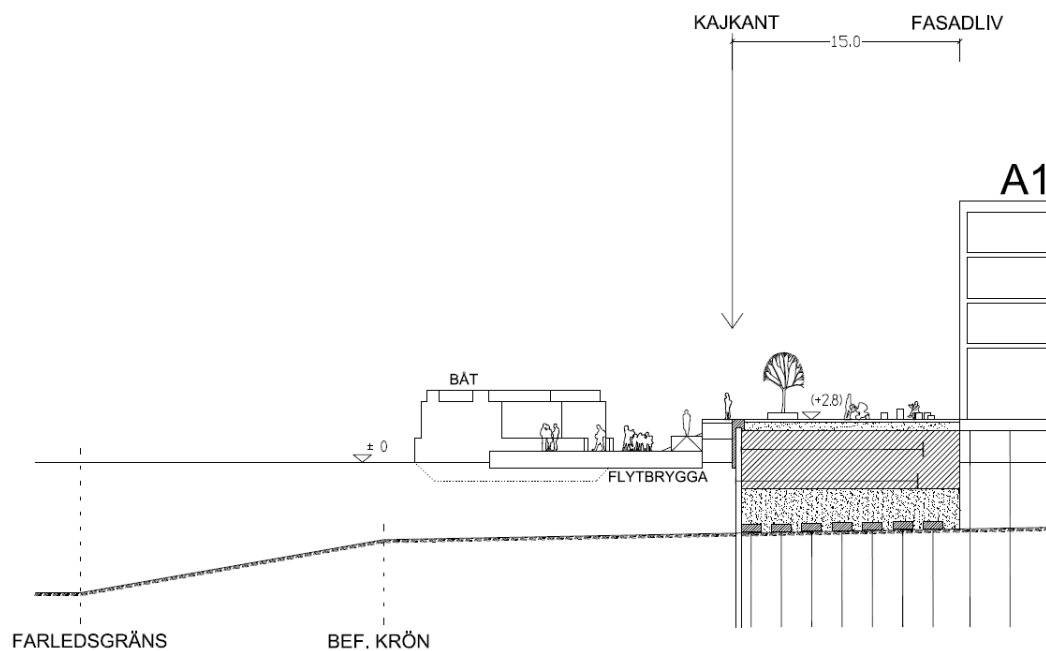
Figur 35. Plan som visar lägen för sektioner



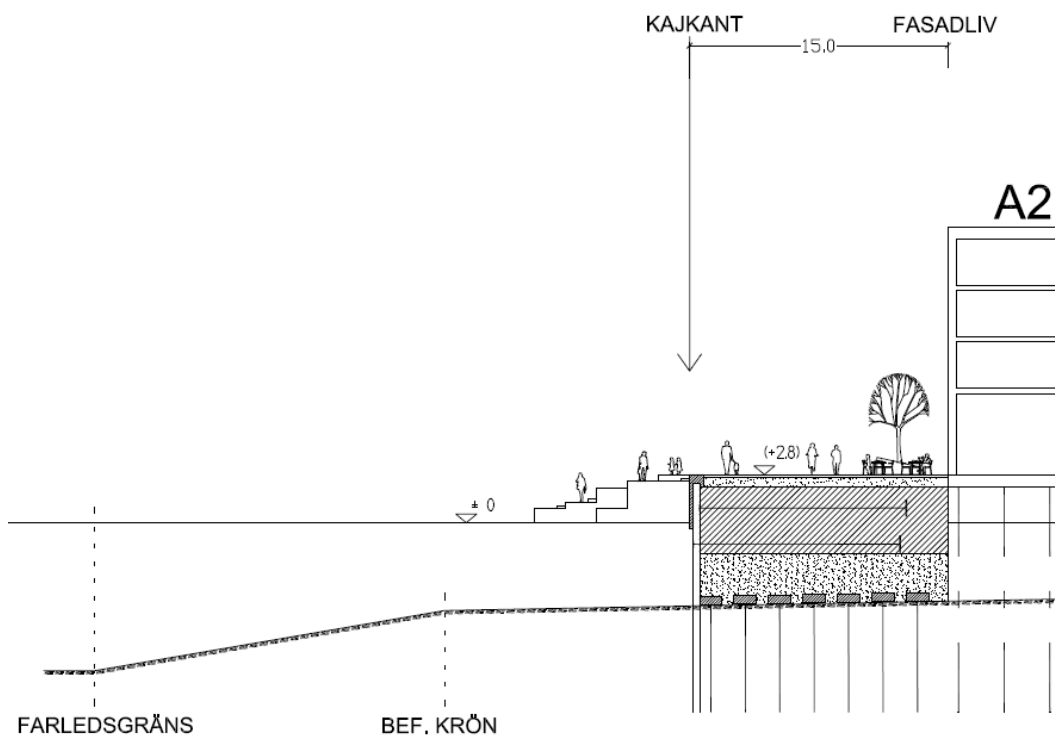
Figur 36. Sektion I-I genom utbyggnadens västra sida



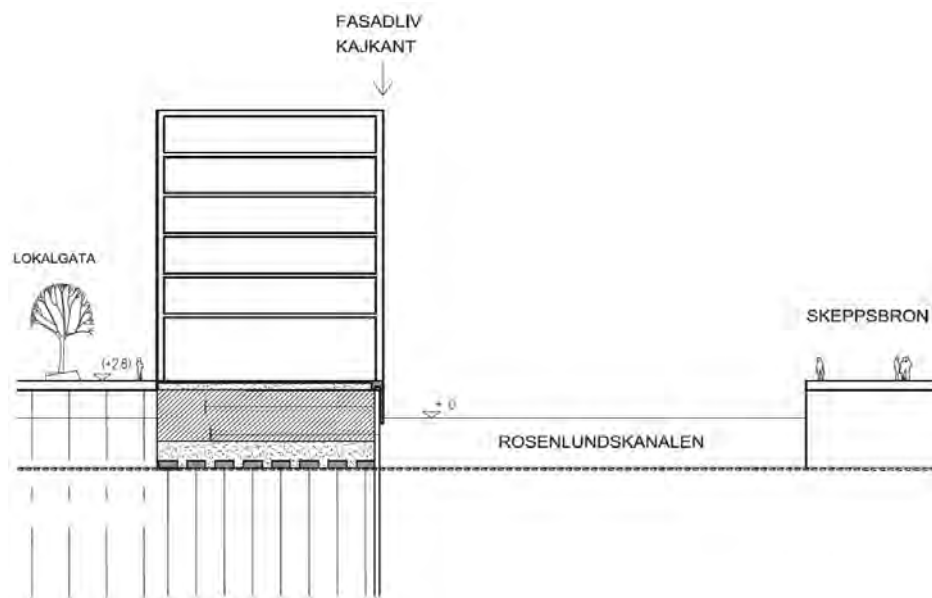
Figur 37. Sektion J-J genom utbyggnadens norra sida



Figur 38. Sektion K-K genom utbyggnadens norra sida



Figur 39. Sektion L-L genom utbyggnadens norra sida



Figur 40. Sektion M-M mot Rosenlundskanalen

8.8 Tilläggsplats för kollektivtrafiks färjor

8.8.1 Allmänt

Tilläggsplatser för Västtrafiks personfärjor Älvsnabben (linje 285) och Älvsnabbare (linje 286) planeras på norra sidan av utbyggnadsområdet.

Linje 285 trafikerar sträckan Lilla Bommen – Klippan med ett anlop i varje riktning. Linje 286 är den älvsnyttel som idag går mellan Rosenlund och Lindholmsspiren och trafikeras med de nya, dubbeländade fartygen m/s Älveli och m/s Älvfrida.

Trafiken bedrivs för närvarande av Styröbolaget.

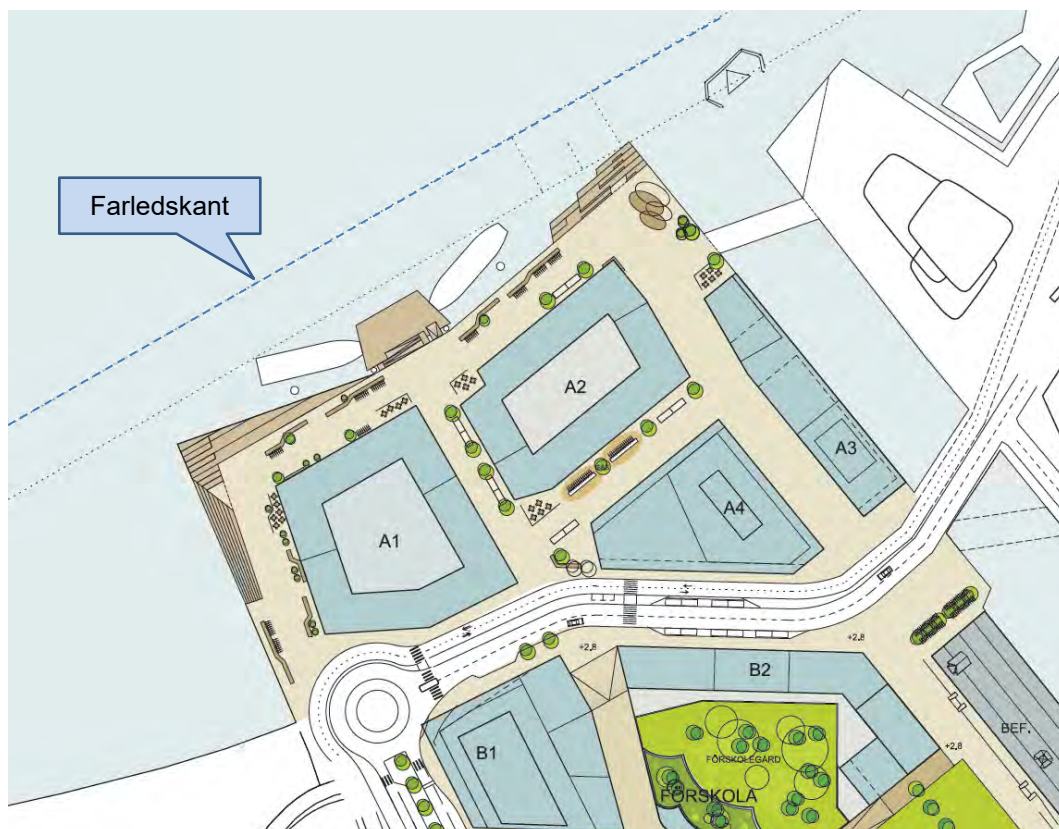
Tilläggsplatsen kommer att utgöras av en flytande ponton med två tilläggsplatser, lik den som idag finns vid Lindholmsspiren, se Figur 41. Pontonen är av stål och förankrad med gejdor till stålörspålar som är neddrivna i botten. Den följer älvens skiftande vattenstånd, nivåskillnaden till den fasta kajen tas upp med rörliga ramper.



Figur 41. Flytbrygga vid Lindholmsspiren, Älvsnabben på väg mot kaj

8.8.2 Föreslaget läge

Det föreslagna läget för en flytande tilläggsplats är mitt på utbyggnadens norra sida, se Figur 42.



Figur 42. Tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor (föreslaget läge)

Tilläggsplatser i olika riktningar är att föredra av flera skäl;

- det underlättar samtidig tilläggning av två fartyg som är på väg i varsin riktning,
- om ett läge är upptaget av ett manöverodugligt fartyg kan det andra läget användas,
- beroende på vindriktning kan lägen i olika väderstreck vara olika lätta att angöra.

Den föreslagna placeringen ligger helt vid sidan om farleden i älven. Tilläggning och avgång sker mer eller mindre parallellt med farledens riktning. Placeringen är relativt långt från det vattenområde som kan beröras av Stena Lines fartygsrörelser.

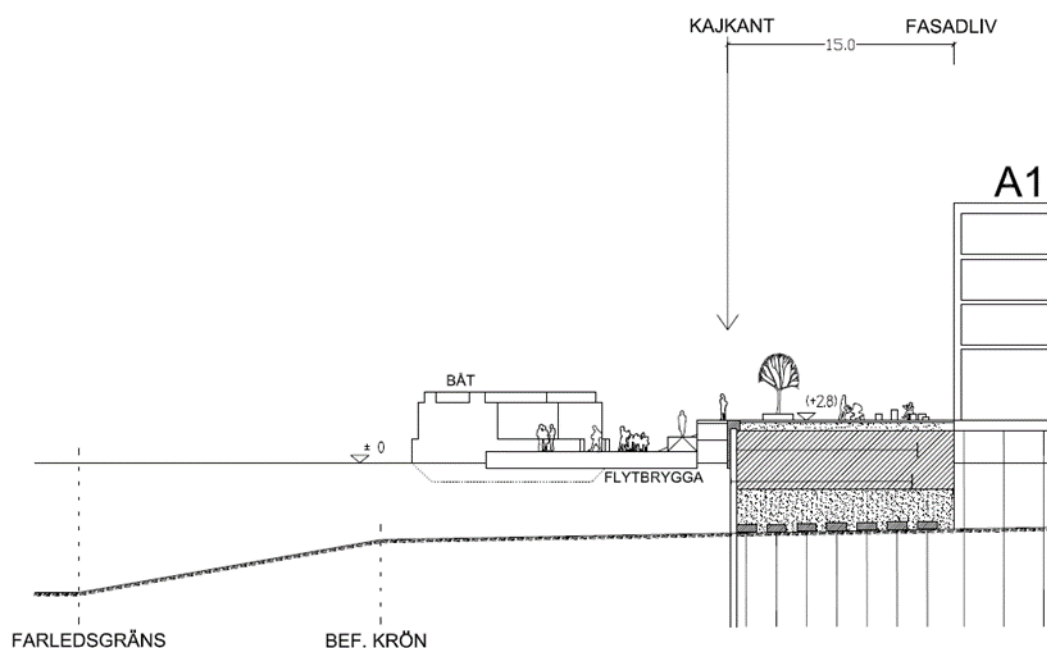
8.8.3 Alternativt läge

Som ett alternativ har även en annan placering, längre västerut, utretts, se Figur 43.



Figur 43. Tilläggsplats för kollektivtrafikfärjor, alternativt läge.

Denna placering ligger närmare Stena Lines kajplatser 24-25. Då ett Stenafartyg är i färd med att lägga till eller avgå kan inte läget på pontonens västra sida användas. Även vid det östra läget kan kollektivtrafikfärjorna påverkas av propellerströmmar från Stena Lines fartyg när dessa rör sig nära Järnvägens nordvästra hörn.



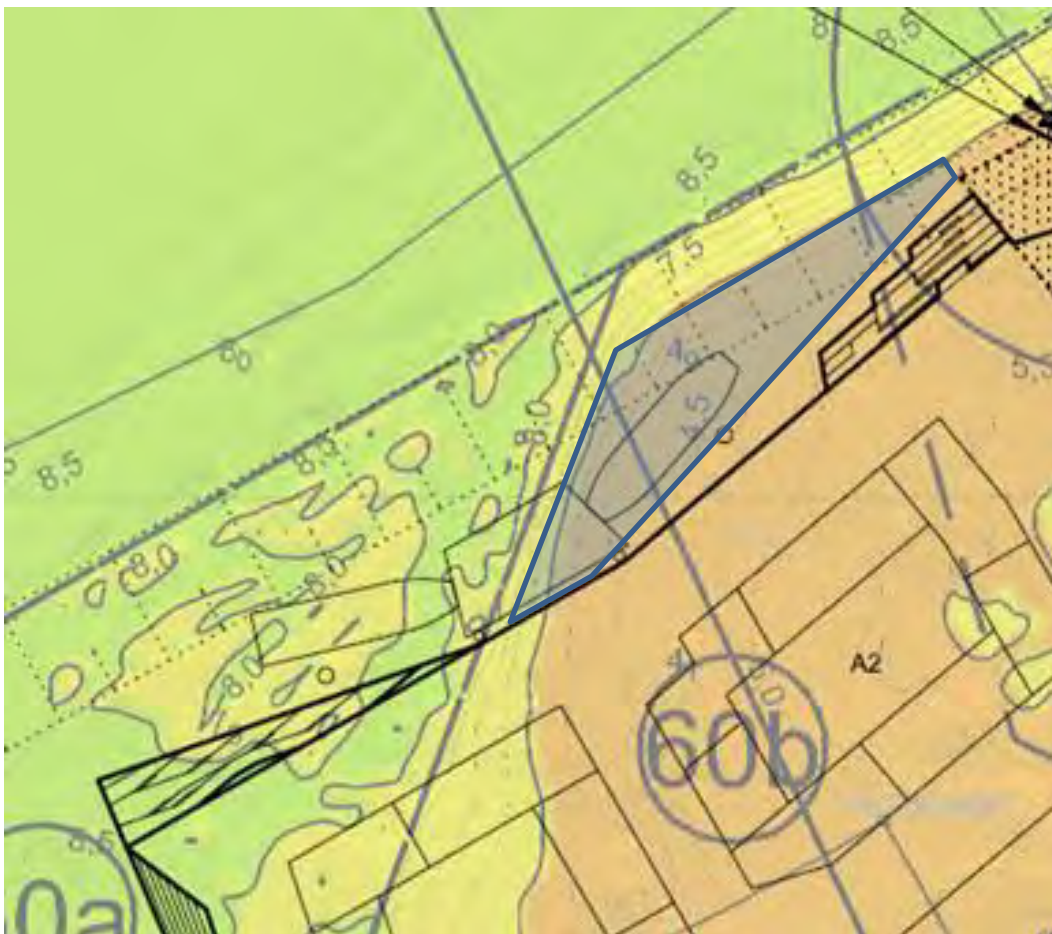
Figur 44. Sektion K-K (se Figur 35), tilläggsplats för Älvsabben/Älvsabbare

8.8.4 Muddring vid tilläggsplats

Det översta lagret bottensediment på norra sidan av utbyggnaden är förorenat. Vid kollektivtrafikfärjornas tilläggnings- och avgångsmanövrer kan dessa sediment virklas upp av propellerströmmar ner till ett visst vattendjup. Vid den tidigare tilläggsplatsen Rosenlund kan man se att det bildats en erosionsgrop bakom fartygens akter med ett vattendjup på ca 6,5 m. Av detta kan man dra slutsatsen att propellerstrålarna förmår erodera botten ner till detta djup.

En studie av sjökort från olika tider visar att det största djup som varit muddrat till i detta område är 6,5 m. På senare år har man bara muddrat till 4 m djup. Man kan därför dra slutsatsen att förorenade sediment kan uppträda ner till 6,5 m djup, men att det därunder är ursprunglig, opåverkad lera.

I det östra läget på den föreslagna tilläggsplatsen är det befintliga vattendjupet cirka 4,5 m. Inom detta område utförs muddring ner till 6,5 m djup, se Figur 45. Muddringen utförs för att avlägsna bottensediment som annars hade kunnat virklas upp av kollektivtrafikfärjornas propellerstrålar. I det västra läget är befintligt vattendjup större, varför ingen muddring behövs.

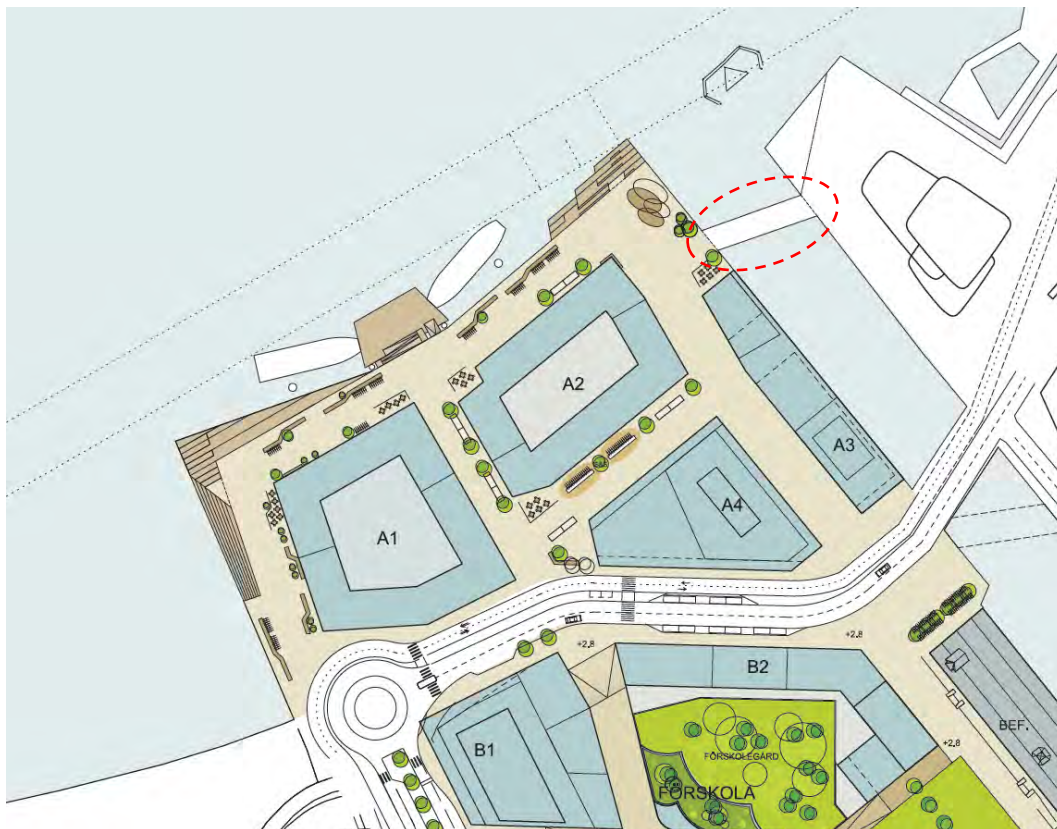


Figur 45. Område där sediment muddras bort till 6,5 m vattendjup

Den bottenarea som berörs av muddring är cirka 1 000 m². Volymen muddar, som utgörs av förorenade massor, är cirka 2 000 m³(tf). Bortmuddrade massor kan läggas i utbyggnaden eller transporteras bort till en godkänd deponi.

8.9 Ny gång- och cykelbro

Mellan Järnvågen och Skeppsbropiren anläggs en gång- och cykelbro över Rosenlundskanalen.



Figur 46. GC-bro över Rosenlundskanalen

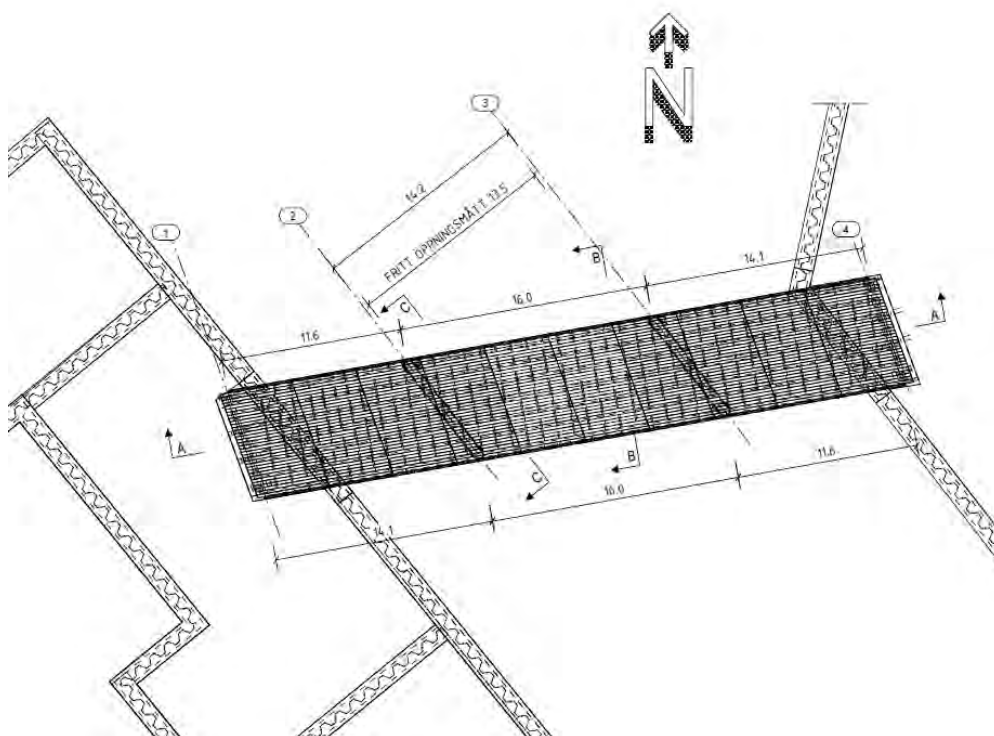
8.9.1 Alternativ 1, anläggande av ny bro.

Bron är cirka 40-45 m lång och kan utföras 5-8 m bred. Längden över vatten är cirka 35 m. Segelfri höjd vid medelvattenstånd är minst 2,4 m. (Den befintliga Yttre Järnvågsbron (gång- och cykelbro) i Rosenlundskanalen har en segelfri höjd vid medelvatten på 1,5 m, Masthamnsbron (vägbro) har 2 m.)

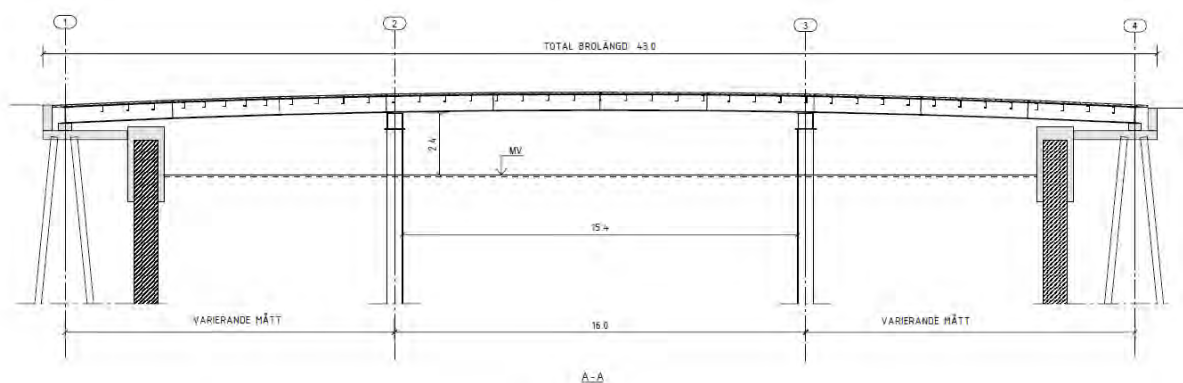
Brons bärande delar lyfts eller lanseras på plats. Den segelfria höjden på 2,4 m och en fri passageöppning på minst 6 m kan upprätthållas under hela byggtiden.

Bron kan utformas på flera olika sätt. Nedan redovisas ett exempel på utformning som har ett huvudbärverk av stålbalkar. Bron föreslås förutom två landfästen utformas med två mellanstöd. Mellanstöden kan, för att minimera påverkan i vatten, utformas med stålrörspålar som förses med okbalkar vilka blir upplag för överbyggnad.

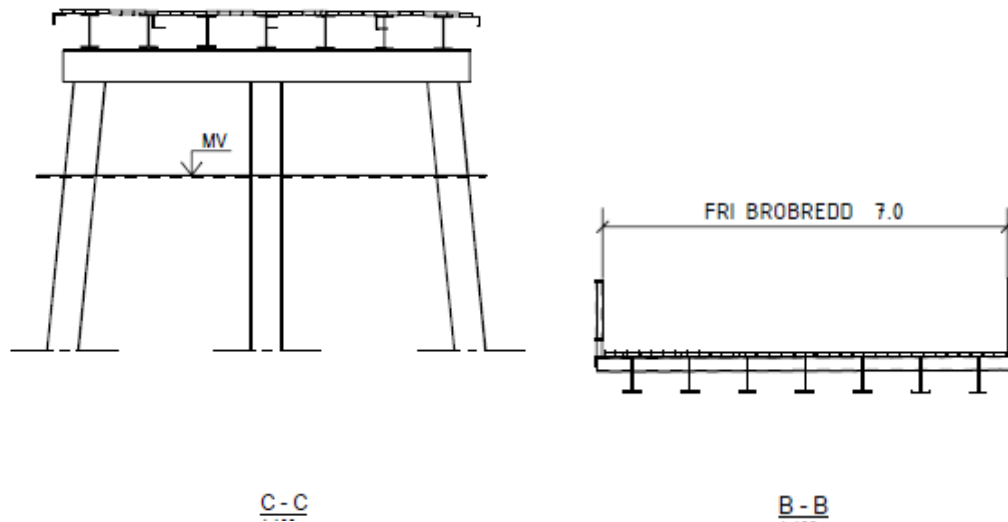
Den visade bron bärs av 7 stålbalkar HEB 650. Bron har två mellanstöd i vatten som utgörs av vardera 3 stålrörspålar med 610 mm diameter. Fri öppningsbredd i mittspannet är minst 13 m (11 m för den befintliga Yttre Järnvågsbron, 14 m för Masthamnsbron).



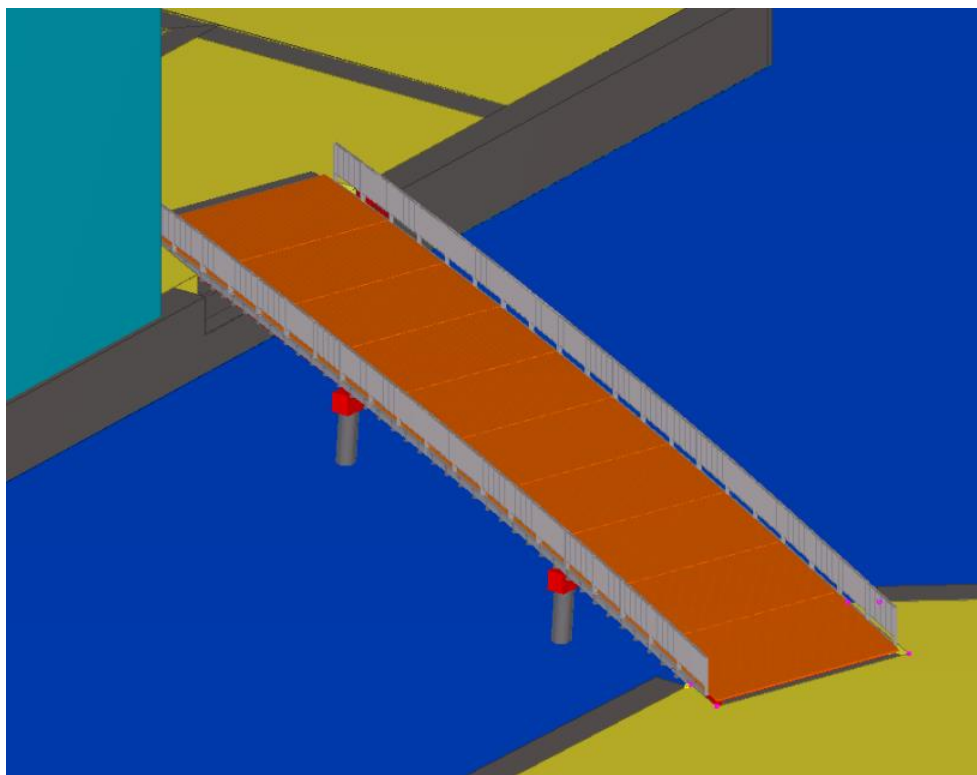
Figur 47. Plan av GC-bro



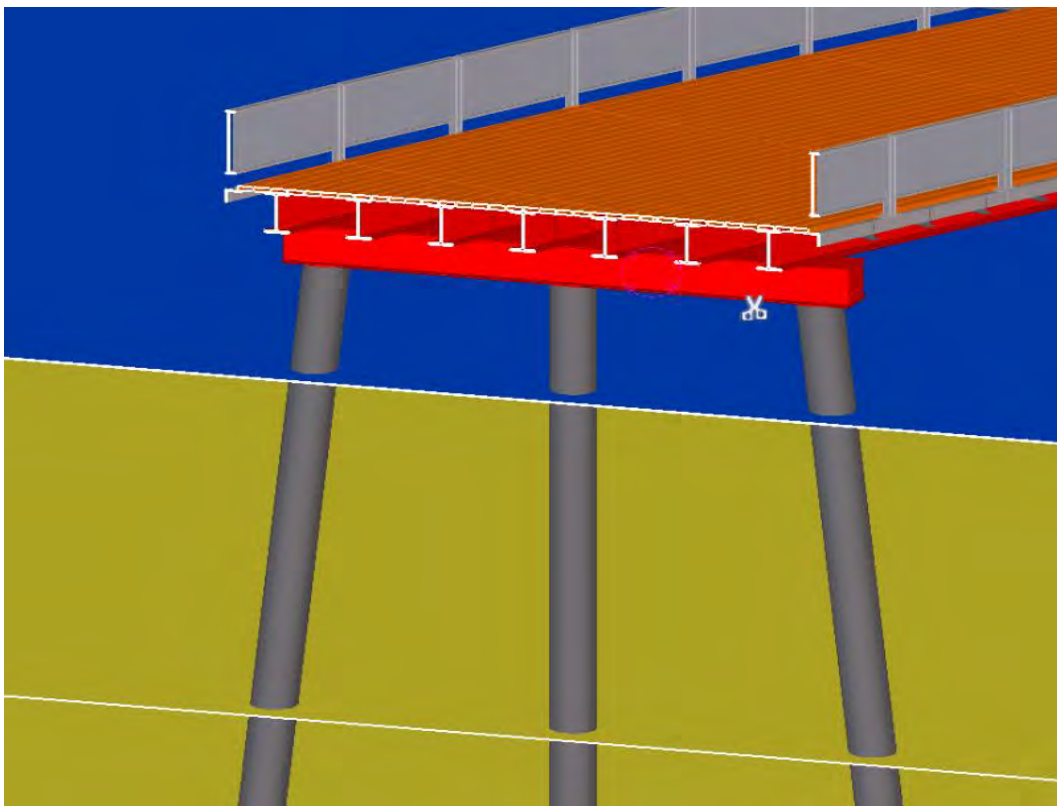
Figur 48. Elevation



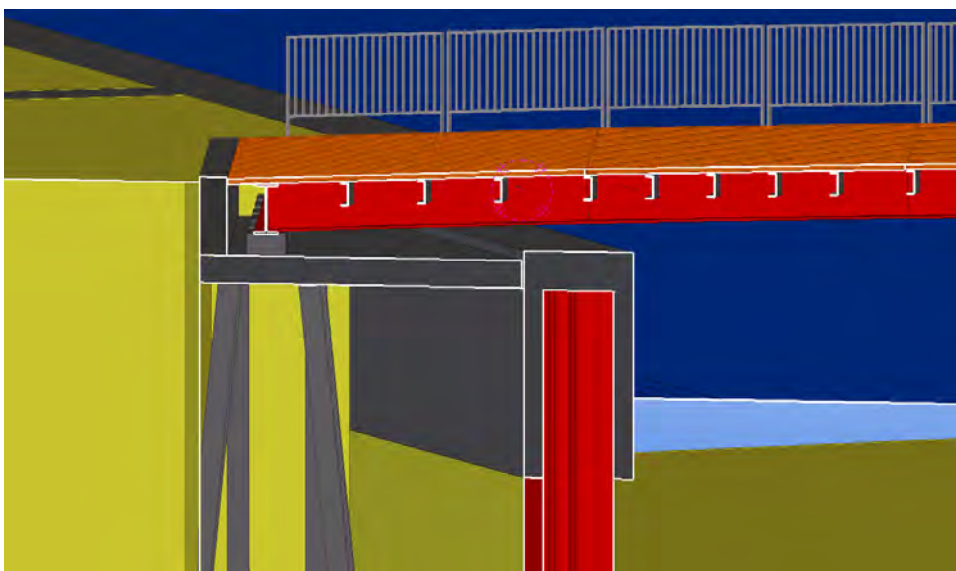
Figur 49. Sektion



Figur 50. Perspektivbild av GC-bro



Figur 51. Mellanstöd i vatten. Snitt i modellvy



Figur 52. Brons upplag är indragna innanför kajkant

8.9.2 Alternativ 2, flyttning av befintlig bro

Som ett alternativ till att bygga en helt ny bro kan den befintliga gång- och cykelbron över Rosenlunds kanalens mynning, Yttre Järnvågsbron, flyttas till detta läge.

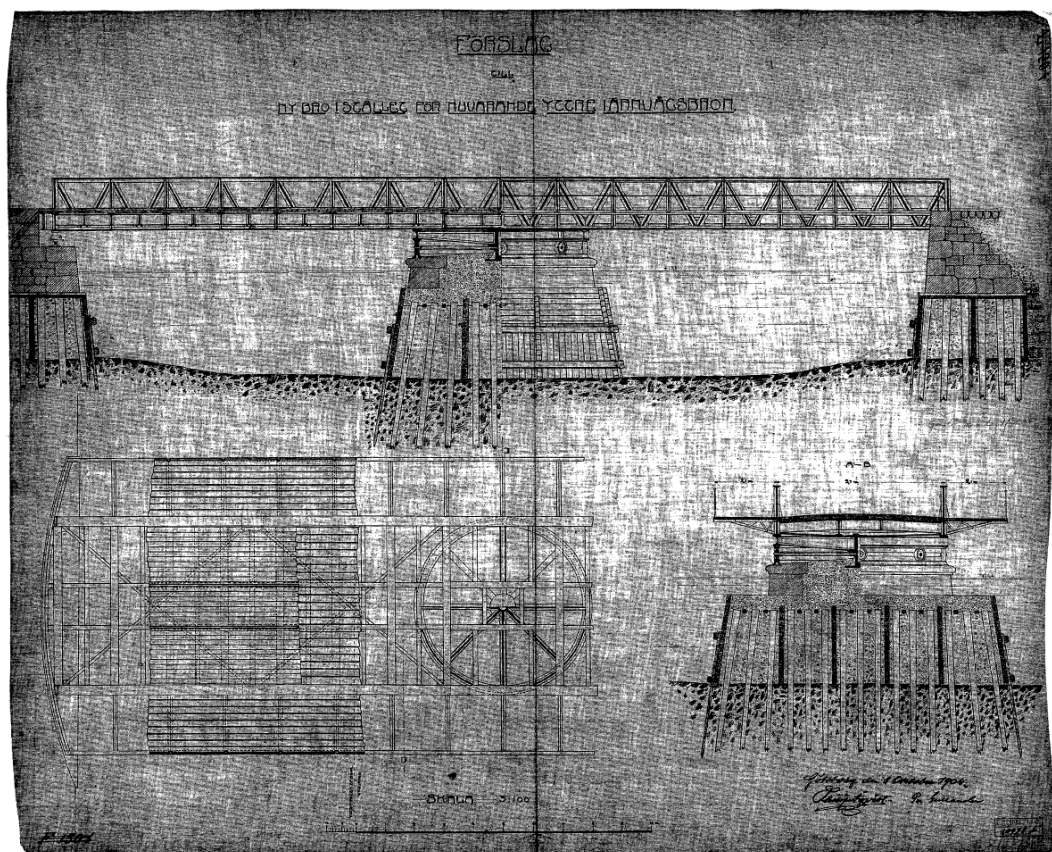
Konstruktionen är en svängbro av stål som vilar på ett mittstöd av betong klätt med sten. Bron är inte längre öppningsbar. Den är 31 m lång och 5,3 m bred.



Figur 53. Yttre Järnvågsbron



Figur 54. Yttre Järnvågsbron, vy från SV



Figur 55. Ritning över Yttre Järnvägsbron

Den flyttade bron skulle få ett nytt mittstöd i vatten. Dessutom anläggs nya ändstöd i vatten, cirka 2 meter ut från kanalmurens liv på varje sida, eftersom den befintliga bron är 31 meter lång och sträckan över vatten är cirka 35 meter.

Segelfri höjd på den flyttade bron blir minst cirka 2,3 meter, om brobanan placeras helt i nivå med anslutande mark på båda sidor. Önskas en större segelfri höjd kan anslutande gång- och cykelväg rampas upp 10-20 cm.

8.10 Åtgärder på befintlig kajkant i Rosenlundskanalen

Den befintliga kajen mot Rosenlundskanalen renoveras och höjs till nivå +2,8 i höjdsystem RH 2000.



Figur 56. Sträcka där befintlig kaj renoveras och höjs

8.11 Tilläggsplats för oljefartyg till Rosenlundsverket

En konsekvens av anläggandet av Järnvågen är att fartyg som levererar olja till Rosenlundsverket inte kan lägga till vid Skeppsbroområdets västra sida så som tidigare planerats. En tilläggsplats för dessa oljefartyg omfattas därför av denna ansökan om tillstånd till vattenverksamhet, trots att den ligger utanför området för Järnvågens detaljplan.

Skeppsbropiren (även kallad Nocken) ingår i Skeppsbroområdet och är redan tillståndsgiven i dom från Mark- och miljödomstolen vid Vänersborgs tingsrätt. Föreliggande tekniska beskrivning behandlar därför endast de anläggningar som krävs för att komplettera Skeppsbropiren till att bli förtöjningsplats för oljefartyg.



Figur 57. Tilläggsplats för oljebåt vid Skeppsbropiren. (obs – GC-brons utformning är inte den gällande)

Det ritade fartyget är M/T Fram, som är 56 m långt, 12,5 m brett och har ett djupgående på 4 m. Kajplatsen muddras till 5,5 m djup.

Tilläggnings- och avgångsmanövrer kan göras utan att gå tvärs huvudriktningen i farleden. Sikten är god åt båda håll. Manövrering sker i strömmens riktning. Fartyget backar in till kaj från NO, innanför trädykdalben vid farledskanten. Manövern sker parallellt med strömmen och parallellt med trafikens riktning i farleden. Fartyget är väl utanför farledskanten (norra streckade linjen) när det ligger vid kaj.

8.11.1 Kajplats

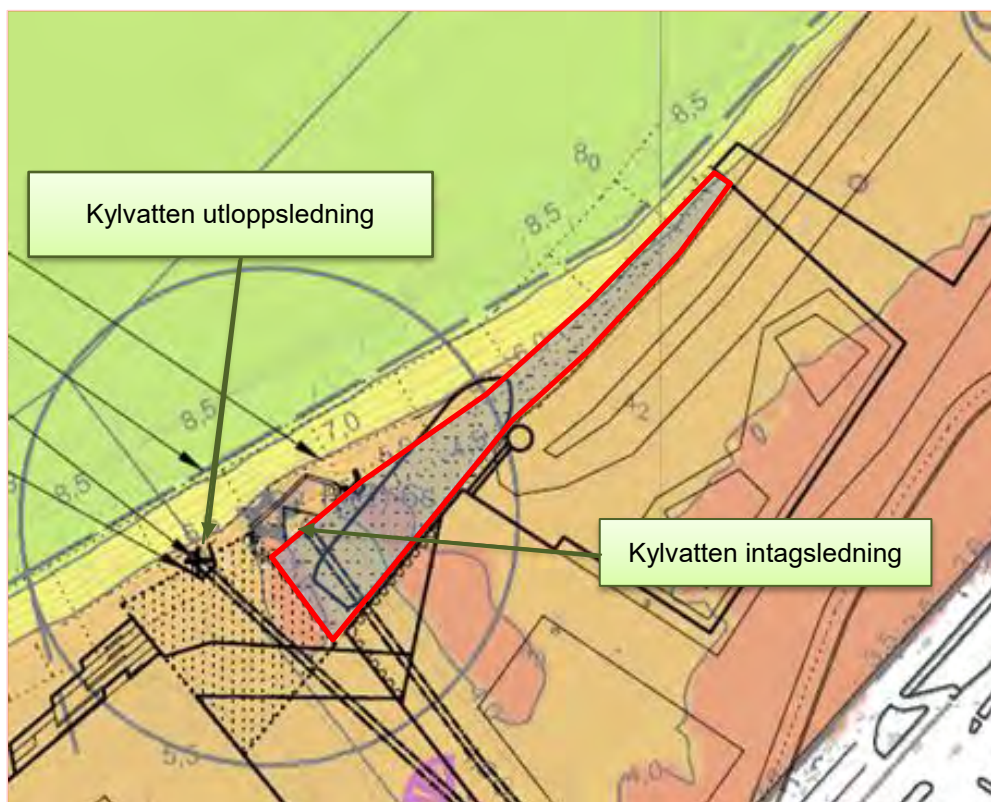
Fartyget förtöjs mot Skeppsbropirens norra sida och mot en ny stöd/förtöjningsdykdalb i kajplatsens förlängning. Skeppsbropirens norra sida förses med avbärarverk som fartyget kan glida utmed. Som ett extra skydd för Rosenlundsverkets kylvattenintag placeras en ny dykdalb SO om befintlig trädykdalb.

8.11.2 Befintliga kylvattenledningar

Göteborg Energis intags- och utloppsledningar för kylvatten till Rosenlundsverket, se Figur 57 och Figur 58, påverkas inte av arbetena med tilläggsplatsen. Muddring utförs med försiktighet för att inte skada ledningarna.

8.11.3 Muddring

Under fartyget och i släntrönet österut utförs muddring till 5,5 m djup. Detta markeras i Figur 58 med glest prickraster. Hjässan på intagsledningen för kylvatten till Rosenlundsverket ligger något djupare än 5 m djup. Över ledningens hjässa och vidare västerut anpassas muddringsdjupet till ledningens nivå. Ytan som muddras är ca 1800 m² och volymen muddra ca 1500 m³(tf). Dessa massor är förorenade. De kan läggas i utbyggnaden eller transporteras bort till en godkänd deponi.



Figur 58. Muddringsområde. (obs – GC-brons utformning är inte den gällande)

8.11.4 Erosionsskydd

Området utanför Rosenlundskanalens mynning, sydväst om det muddrade området, utgörs av förorenade bottensediment. Detta område ligger nära det förtöjda oljefartygets akter och blir utsatt för strålar från fartygets propeller. Ytan måste skyddas så att inte förorenade sediment virblas upp. Det sker genom att man täcker botten med gabion- eller betongmadrasser. Ytan som täcks med erosionsskyddande madrasser är ca 1 200 m². Även området över intagsledningens hjässa inkluderas i ytan som täcks med erosionsskyddande madrasser.



Figur 59. Område med erosionsskyddande madrasser. (obs – GC-brons utformning är inte den gällande)

9 Preliminär arbetsordning för huvudalternativ

I avsnitt 9.1 nedan beskrivs arbetsordningen i text. Därefter följer avsnitt 9.2 med illustrationer av de olika delmomenten. För bästa förståelse kan de båda avsnitten med fördel läsas parallellt.

9.1 Beskrivning av preliminär arbetsordning

Entreprenadarbeten för utbyggnad i vatten förutses ske i följande ordning;

Inledande arbeten

Etablering

Entreprenören kan sannolikt beredas etableringsytor på befintlig kaj 22-23. Eventuellt kan entreprenören även behöva flytande etableringsytor på pontoner/pråmar och/eller provisoriska påldäck som byggs ut från befintlig kajkant. Detta kan medföra visst behov av provisorisk pålning för temporära påldäck och tillfälliga förtöjningsdykdalber.

Förberedande arbeten i vatten och på land

Delar av befintlig kajkant rivs för att kunna göra en tät anslutning av ny spont mot land. Eventuellt krävs viss rensning/borttagning av hinder på botten inför spontning. Inga avjämningsarbeten på botten förutses.

I den följande texten används nedanstående begrepp:



Figur 60. Definitionsfigur

Spontning

Yttre spont

Den yttre spontan i spontkofferdamen slås först. Härigenom skapas lä för ström och vågor som underlättar innanförliggande arbeten och minimerar spridning av partiklar vid utfyllnad och rivning av kaj. Sponten slås fritt i vatten, från pråm/plattform. Preliminärt startar spontslagningsarbetena vid Rosenlundskanalens utlopp och fortsätter i riktning ut mot älven. När den yttre spontan når det blivande utbyggnadsområdets nordosthörn fortsätter arbetena i västlig riktning för att slutligen ansluta mot befintlig kaj igen i utbyggnadsområdets sydvästra hörn. Sponten slås med en lägsta krönhöjd på +1,8. Närmast anslutningen mot land i sydvästra hörnet kan en öppning med en bredd på ca 10 m bredd komma att lämnas för att entreprenörens flytetyg ska kunna tas in i det inneslutna området.

Bankpålning

I lä av den yttre spontan slås bankpålar som grundförstärkning för den blivande fyllningen i kofferdamen. Pålningen får påbörjas efter att östra och norra spontan slagits, så att strömlä skapats. Pålarna slås troligen från vattnet av en pålkran på en plattform/pråm.

Alternativt får pålning utföras inom slutna spontceller (se nedan).

Inre spont

Då fronten på spontningsarbetena för den yttre spontan hunnit ett stycke, kan en parallell front påbörjas med slagning av den inre spontan.

Hammarband och avsträvning mellan sponter

Den yttre och den inre spontan förses med hammarband av stålbalkar. De båda spontväggarna förbinds med varandra genom avsträvning.

Tvärspons

När de båda spontväggarna strävats av kan man sätta en tvärvägg av spont mellan de båda parallella spontväggarna. Härigenom skapas en sluten spontcell som kan läns-pumpas, så att fortsatta arbeten inom cellen kan utföras i torrhet.

Bankpålplattor/lastfördelande sandlager

Efter torrläggning placeras pålplattor på bankpålarna för att föra ner lasten från fyllnads-massor i pålarna. Som ett alternativ till pålplattor kan ett lastfördelande sandlager läggas ut direkt ovanför pålavskärningsplanet. Detta sandlager fördelar lasten från fyllnads-massorna till pålskallarna genom att valvverkan uppstår i sanden.

Krönbalkar

Sponternas krön förses med krönbalkar av betong. Krönbalkarna integreras med lastfördelande betongbalkar som ska sprida energin från en eventuell påsegling över en större bredd.

Fyllning

Fyllnadsmassor påförs mellan kofferdamens spontväggar. Sannolikt sker utfyllnaden genom successiv ändtippning från land, men det är också möjligt att transportera fyllnadsmassor sjövägen och lyfta dem över den yttre spontväggen. Fyllnadsmassorna

består av friktionsmaterial, sannolikt krossad sprängsten, med kända egenskaper för att fylla en funktion som energiupptagande material i kajområdets påseglingsskydd.

Fortsatt arbete innanför inre spont

Fyllnadsarbeten upp till MW

I utbyggnadsområdets centrala del, innanför kofferdamen, kan jordförflyttningsarbeten utföras antingen under vatten eller i torrhet. Först utförs eventuellt en omfördelning av bottenmassor. Möjligen kan massor från muddringsarbeten vid den eventuella tilläggsplatsen för Älvsnaabben och oljebåtens tilläggsplats vid Skeppsbropiren placeras i botten av utbyggnaden, företrädesvis i det nordvästra hörnet där det ursprungliga vattendjupet är störst. Sedan påförs fyllnadsmassor upp till medelvattennytans nivå (MW) i Göta älv. Det finns inga framtagna krav på fyllnadsmassornas bärighet och sättningsegenskaper eftersom alla byggnader inom området kommer att vara pågrundlagda. Däremot måste massorna vara beständiga, icke tjälfarliga och pålbara, dvs de får inte innehålla block.

Byggande av hus utförs i torrhet. Eftersom underkant källare ligger på nivån ca -0,7 i RH 2000, det vill säga cirka 0,8 meter under medelvattennivån i älven (MW), krävs länspumpning så att dessa arbeten kan utföras i torrhet.

Fyllnadsarbeten mellan MW och HHW (högsta högvatten)

Arbeten med grundläggning av byggnader inkl. ev. källarplan utförs i torrhet, antingen genom att hela ytan innanför kofferdamen sänks av ner till nivå för underkant källare eller inom lokala spontgröpar för enskilda byggnader. Fyllnadsarbeten upp till HHW kan utföras antingen i torrhet eller i vatten sedan täta källarvåningar färdigställts.

Fyllnadsarbeten ovan HHW

Arbeten ovan högsta högvattennytan (HHW) utgör inte vattenverksamhet i egentlig mening. Dessa arbeten består av;

- Förstärkning av allmän platsmark (sker ev före utfyllnad)
- Fyllning upp till markyta, ca +2,8
- Uppförande av byggnader ovan mark
- Iordningsställande av ytor

Fortsatt arbete utanför yttre spont

Sedan den yttre sponten färdigställts fortsätter arbeten i vatten utanför sponten;

GC-bro

GC-bro till Skeppsbropiren byggs över Rosenlundskanalen. Bron har två mellanstöd i vatten, sannolikt pålar som slås från plattform.

Tilläggsplats för älvtrafiken

En tilläggsplats för älvtrafiken anordnas på norra sidan av utbyggnadsområdet.

- Muddring utförs av bottensediment som skulle kunna exponeras för propellererosion från Älvsnaabbenfärjorna. Muddring utförs ner till 6,5 m djup på en yta av cirka 1 000 m². Volymen mudd är cirka 2 000 m³(tf) och består av förorenade massor. De kan läggas i utbyggnadens mitt eller transporteras bort till en godkänd deponi.
- Stålrörspålar för förankring av tilläggsplatsens ponton drivs ned i botten. Arbetet kan utföras antingen från den färdiga utfyllnaden eller från plattform/pråm. Därefter förankras pontonen vid pålarna med gejdor.

Bryggor, gradänger

på norra sidan av den yttre spanten anläggs lättare bryggor, gradänger och solplatser. Konstruktionerna kan bestå trädäck på trä- eller stålbealkar. De kan vara grundlagda på pålar, konsoler eller vara flytande.

Tilläggsplats för oljefartyg vid Skeppsbropiren

De anläggningsarbeten som ingår i tilläggsplatsen består av:

- Ny stöd/förtöjningsdykdalb i kajplatsens förlängning
- Ny dykdalb SO om befintlig trädtykdalb
- Avbärarverk på Skeppsbropirens norra sida
- Muddring till 5,5 m djup på en yta av ca 1 800 m² och med en volym ca 1 500 m³(tf)
- Utläggning av erosionsskyddande gabion- eller betongmadrasser. Ytan som täcks med erosionsskydd är totalt ca 1 200 m².

9.2 Illustration av arbetsordningens delmoment

I följande figurer illustreras utbyggnadens olika moment enligt kapitel 9.1.



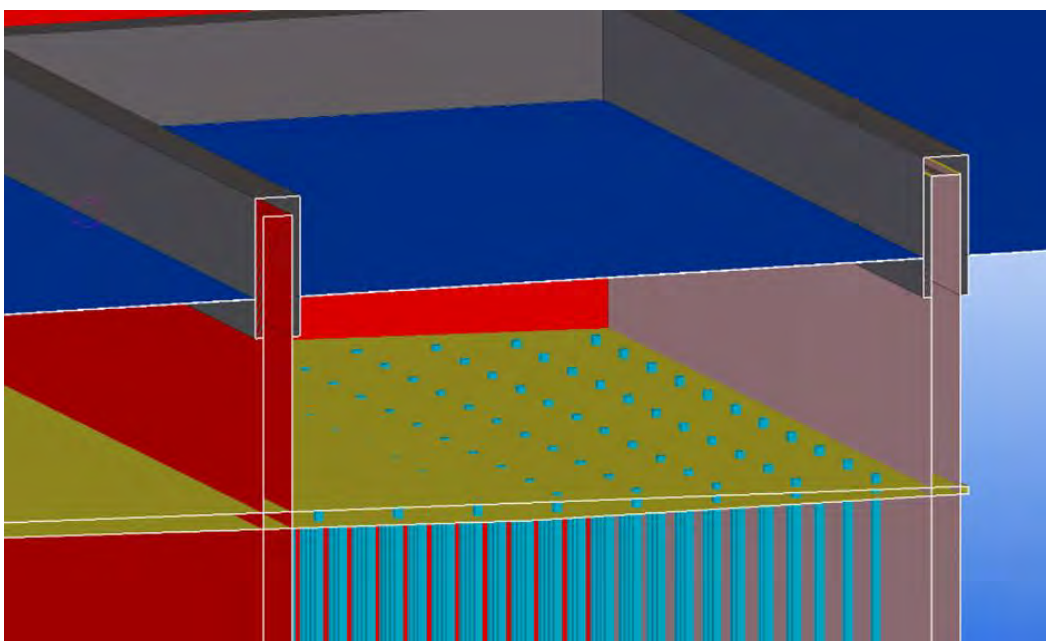
Figur 61. Den yttre sponten påbörjas vid Rosenlundskanalens utlopp och fortsätter i riktning ut mot älven



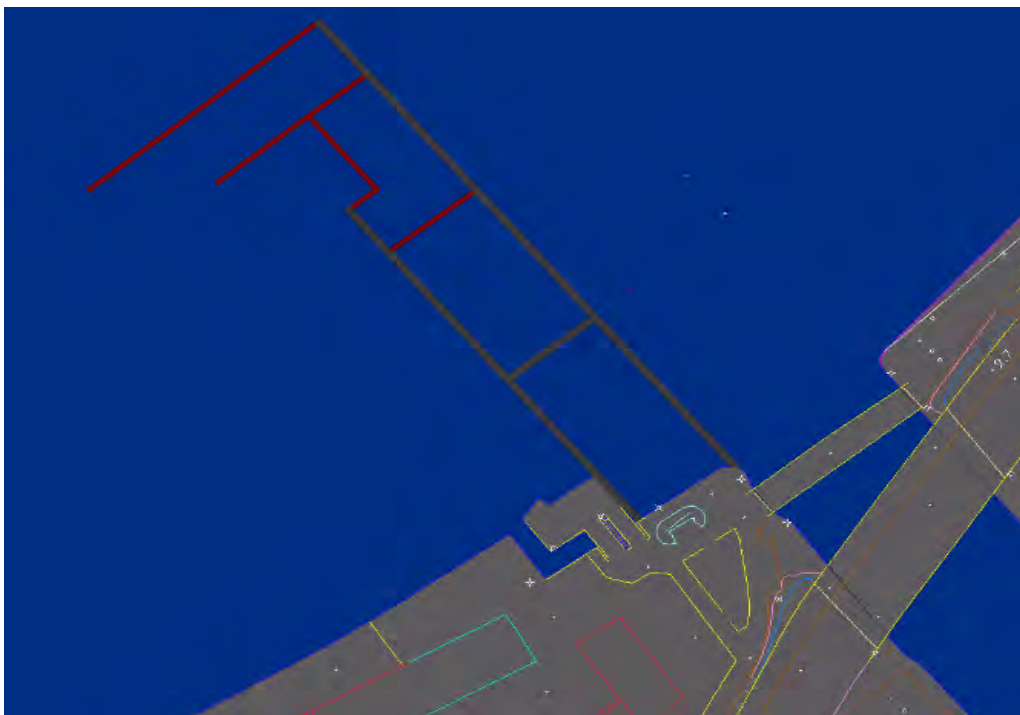
Figur 62. Då fronten på spontningsarbetena för den yttre sponten hunnit ett stycke, påbörjas en parallell front med slagning av den inre sponten



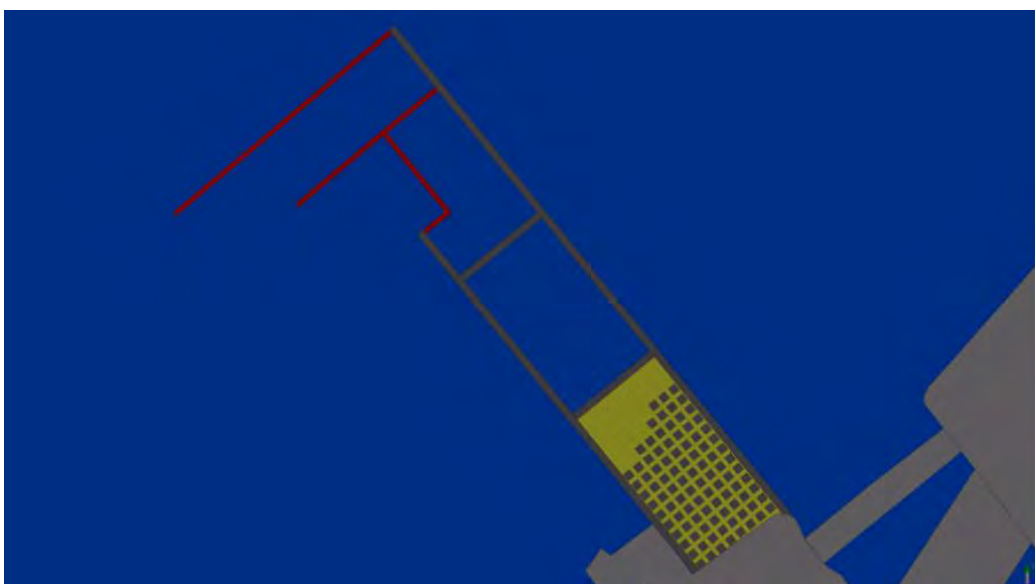
Figur 63. En tvärvägg av spont slås mellan de båda parallella spontväggarna. Härigenom skapas en tät cell. Inom den täta spontcellen får bankpålning utföras.



Figur 64. Bankpålar slagna i vatten



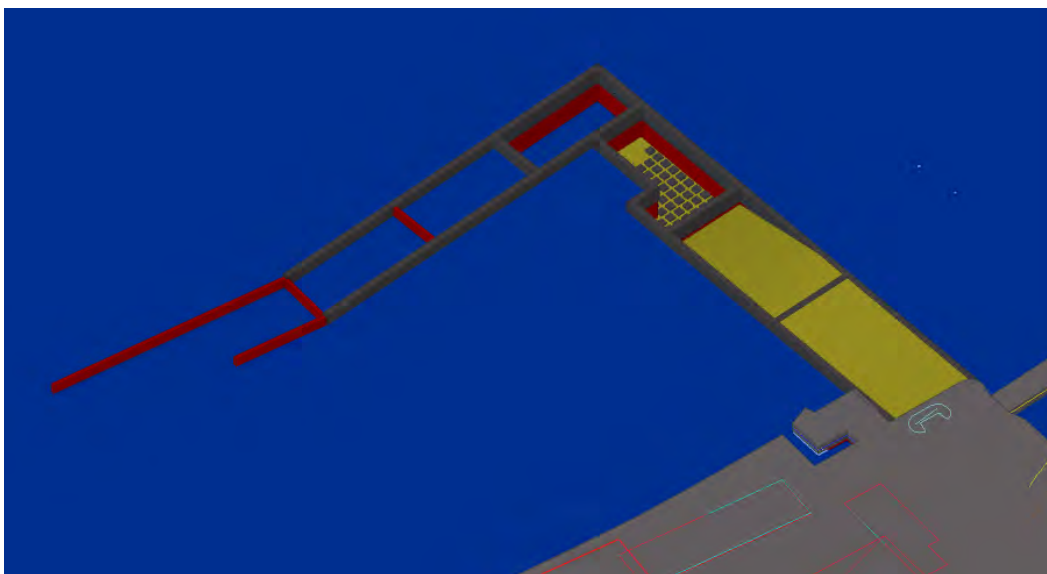
Figur 65. Ytterligare celler av stålspont slås successivt. Krönet på sponten (röd linje) gjuts in i en krönbalk av betong (grå linje)



Figur 66. Spontcellerna läns pumpas så att arbeten med pålplattor kan utföras i torrhet



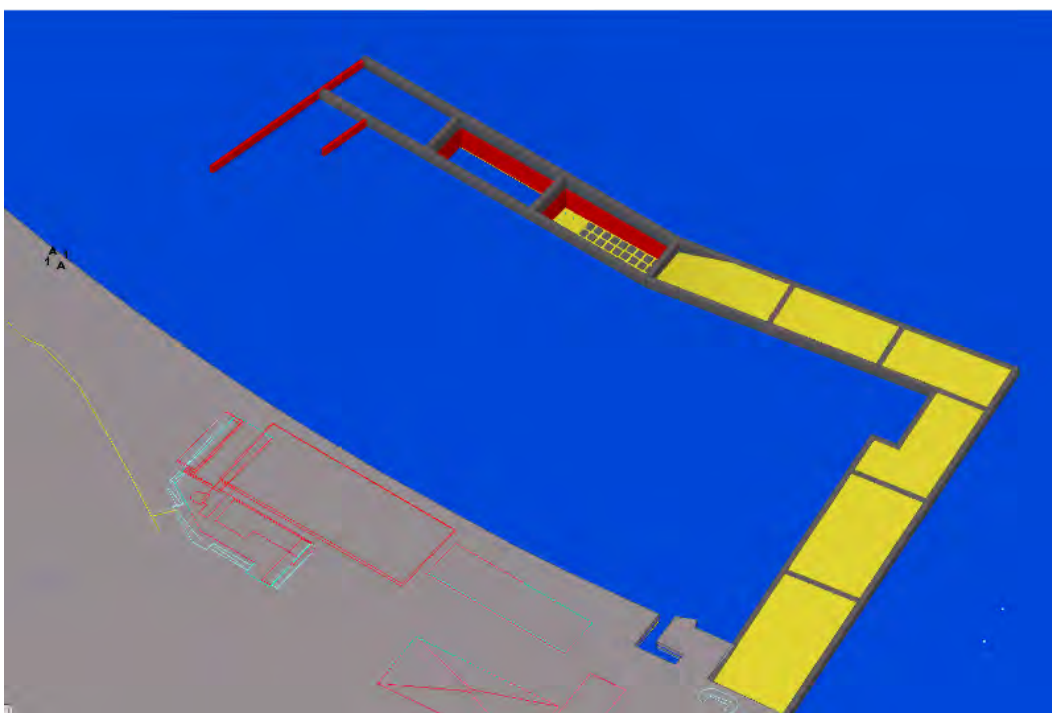
Figur 67. Sedan pålplattor eller ett lastfördelande sandlager lagts ut över pålskallarna fortsätter fyllningen av cellerna i torrhet



Figur 68. Perspektivbild av successiv utbyggnad



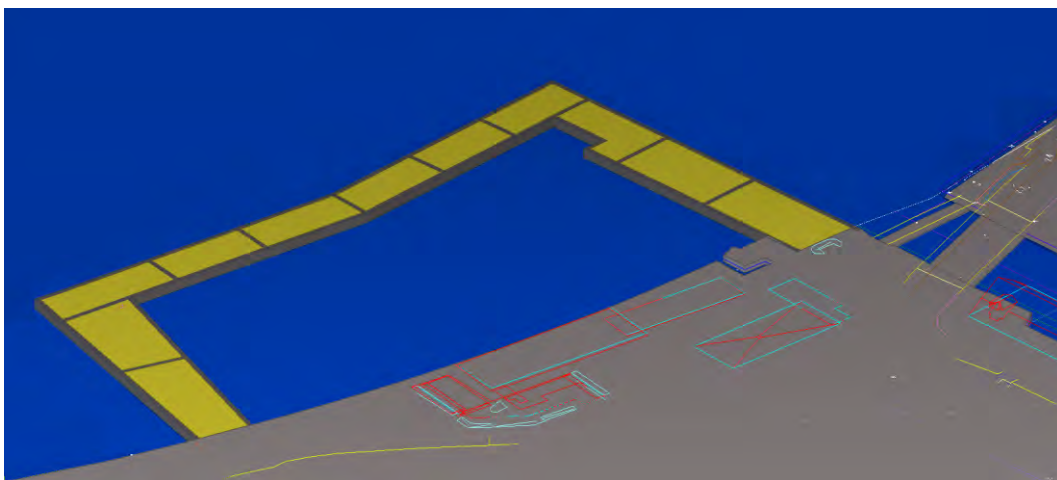
Figur 69. Spontväggarna fortsätter utmed utbyggnadsytans västra sida



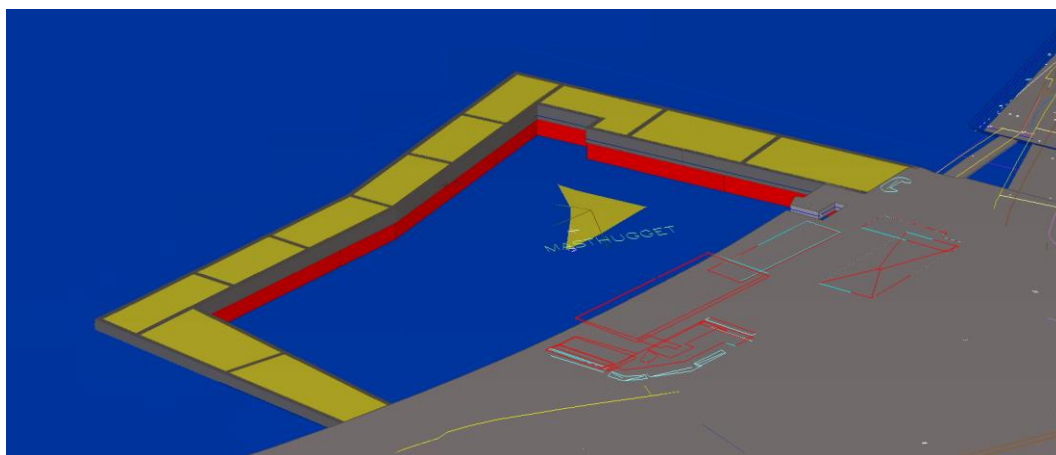
Figur 70. Perspektivbild av fortsatta arbeten



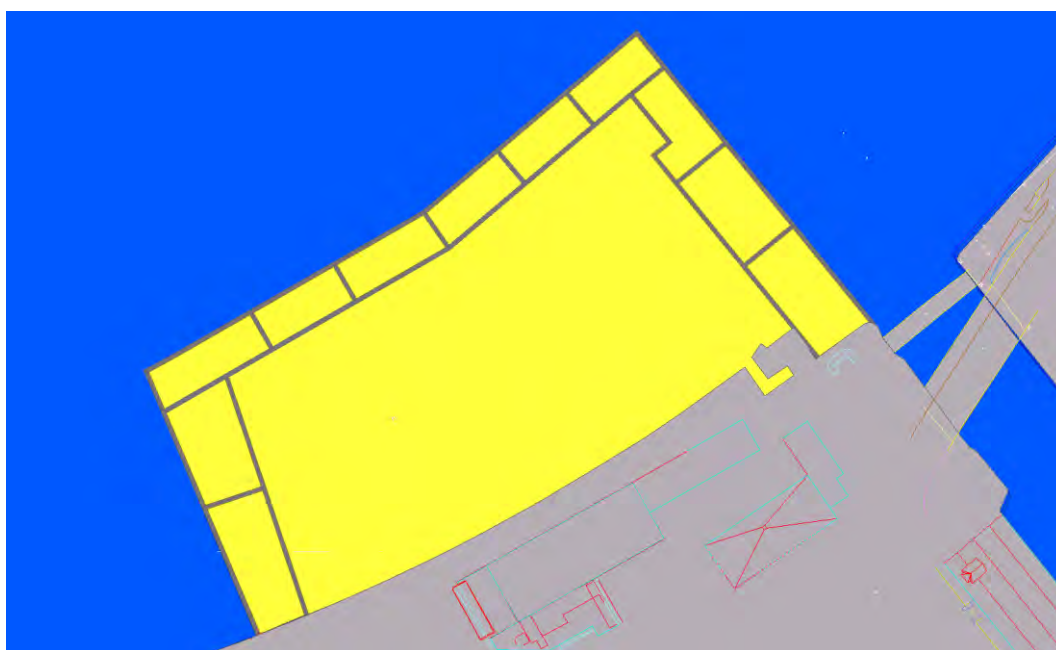
Figur 71. Spontkofferdamen är sluten



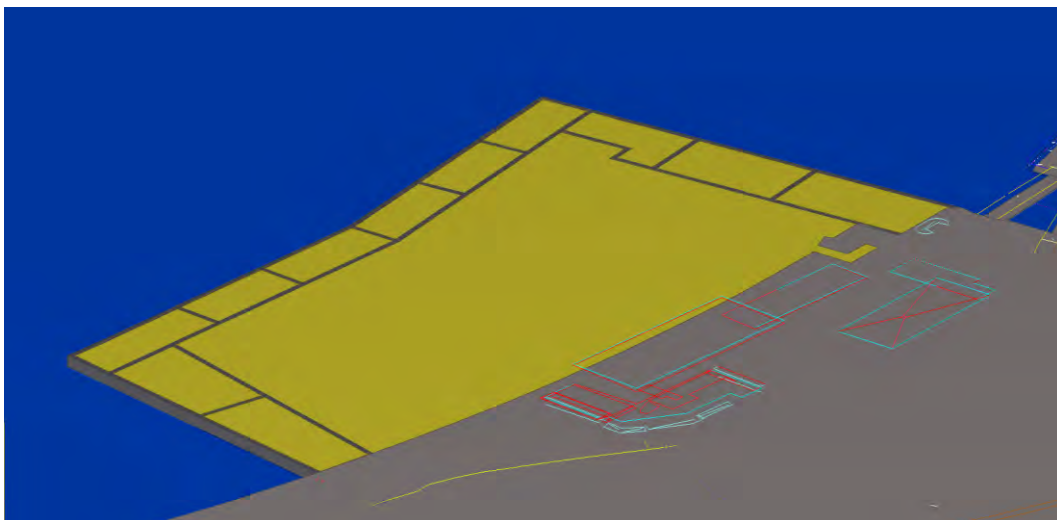
Figur 72. Sluten kofferdam i perspektiv



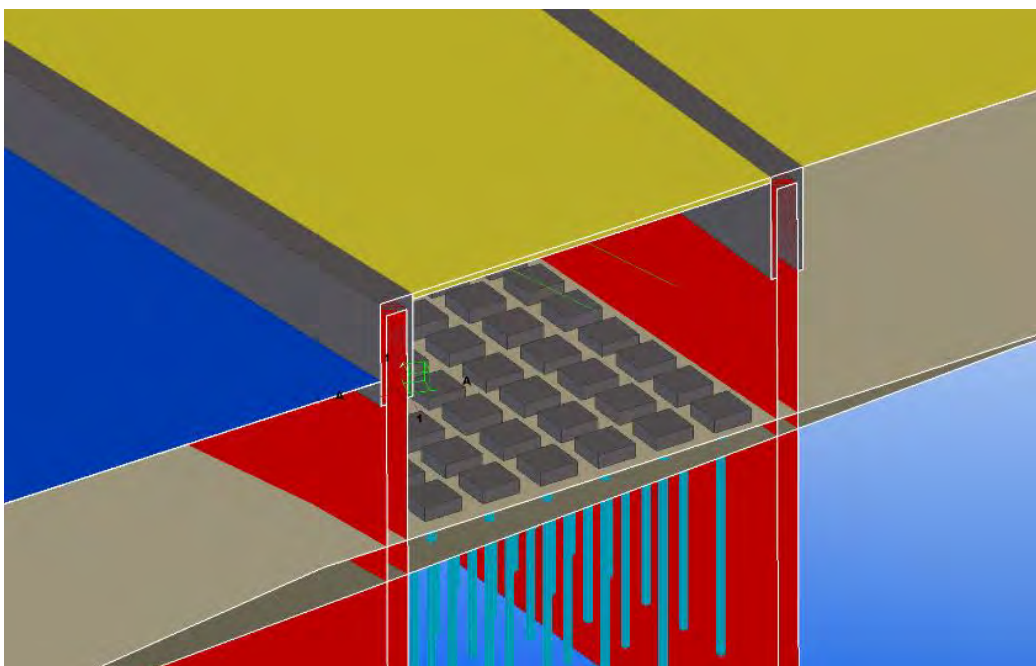
Figur 73. Sedan spontkofferdamen slutits påbörjas fyllnadsarbeten i områdets centrala del. Denna fyllning kan utföras antingen i torrhet eller i vatten. Alla arbeten över byggnadernas nivå för källargolv utförs i torrhet



Figur 74. Avslutad fyllning till färdig nivå



Figur 75. Avslutad fyllning till färdig nivå - perspektiv



Figur 76. Sektion genom färdig utbyggnad

10 Utförandetider

Anläggandet av utbyggnaden ligger tidigt i arbetsordningen. Utbyggnaden är planerad att utföras under åren 2018-2020.

Tid för neddrivning av yttre spont kring Järnvågens periferi uppskattas till cirka 3-4 månader. Totalt bedöms spontningsarbeten pågå under 6-8 månader. Pålningsarbeten för grundförstärkning inom kofferdamen bedrivs parallellt med spontningen.

Tid för muddring vid tilläggsplatserna för kollektivtrafikfärjor och oljebåt bedöms uppgå till cirka en vecka.

Utfyllnadsarbetena, som kan ske antingen från pråm eller genom ändtippning från land, bedöms pågå under 6-8 månader.

11 Anläggningskostnad

Anläggningskostnaden för de arbeten som avser vattenverksamhet bedöms uppgå till cirka 450 miljoner kronor.



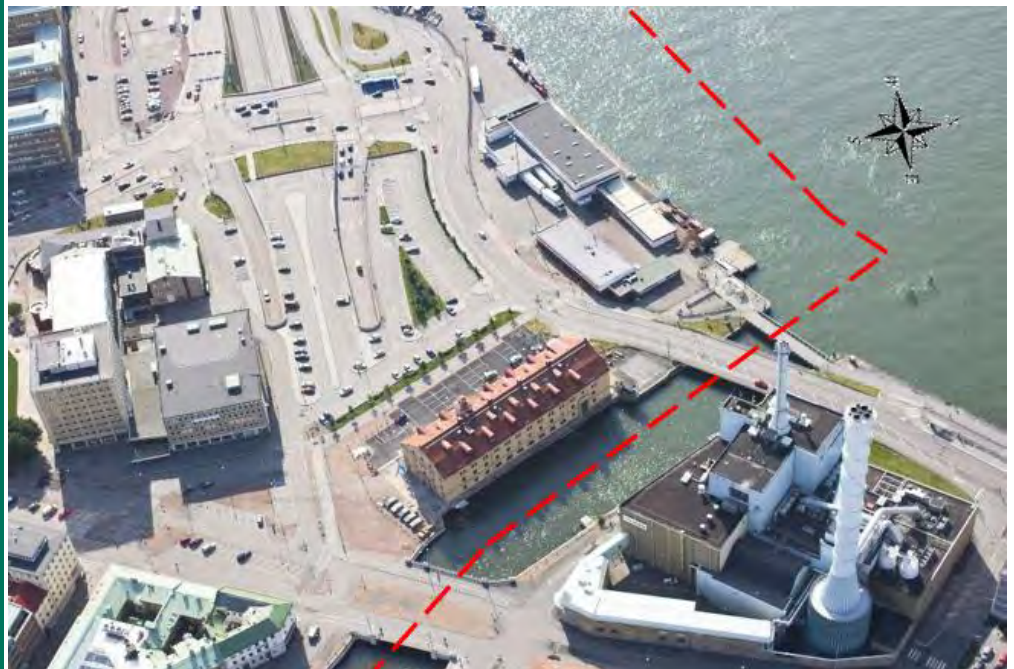
2016-10-21

TILLSTÅNDSANSÖKAN FÖR VATTENVERKSAMHET

Järnvågen

Framställd för:
Älvstranden Utvecklings AB

PM GEOTEKNIK



Uppdragsnummer: 1451220160



Innehållsförteckning

1.0	UPPDRAG	1
2.0	OBEKTSBESKRIVNING	2
3.0	UNDERLAG	2
3.1	Kartor, ortofoto, mätdata mm	2
3.2	Koordinat- och höjdsystem	2
3.3	Geotekniska undersökningar	3
4.0	OMRÅDESBESKRIVNING	3
5.0	BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR OCH KONSTRUKTIONER	5
5.1	Historisk översikt	5
5.2	Befintliga kajer	6
6.0	GEOTEKNIKA FÖRUTSÄTTNINGAR	8
6.1	Jordlagerförhållanden	8
6.2	Geotekniska parametrar	9
6.3	Geohydrologiska förhållanden	12
7.0	SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN	13
8.0	STABILITETSFÖRHÅLLANDEN	14
8.1	Allmänt	14
8.2	Rekommenderad säkerhet	14
8.3	Stabilitetsanalyser	16
8.4	Erosion	18
9.0	PRINCIPER FÖR GRUNDLÄGGNING	19
10.0	OMGIVNINGSPÅVERKAN I BYGGSKEDET	21
10.1	Schakt och fyllnadsarbeten	21
10.2	Buller, Markvibrationer och rörelser	21

Bilagor

BILAGA 1

Geotekniska undersökningar

BILAGA 2

Tolkning av lerdjup

BILAGA 3

Utvärdering odränerad skjuvhållfasthet

BILAGA 4

Stabilitet



UPPDRAGSINFORMATION

Uppdrag	Järnvågen, tillståndsansökan för vattenverksamhet – Geoteknisk utredning
Plats	Inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik i Göteborg
Uppdragsgivare	Älvstranden Utveckling AB
Uppdragsnr	14512220160
Konsult	Golder Associates AB
Teknikansvarig/kvalitetsgranskning	Urban Högsta
Uppdragsledare Geoteknik	Ola Skepp

1.0 UPPDRAG

På uppdrag av Älvstranden Utveckling AB har Golder Associates AB (Golder) utfört en geoteknisk utredning i samband med framtagande av tillståndsansökan för vattenverksamhet i östra delen av Masthuggskajen. Området för vattenverksamhet utgör en del av utredningsområdet för ny detaljplan för Järnvågen. Området för tillståndsansökan för vattenverksamhet berör den östra delen av Masthuggskajen vid nuvarande kajplats 21-23. Området begränsas i öster av Rosenlundskanalen, se Figur 1 Denna PM Geoteknik utgör bilaga till Teknisk Beskrivning för rubricerat objekt.



Figur 1: Översiktskarta med utredningsområde, i figur benämnt "berört vattenområde".

Syftet med den geotekniska utredningen har varit att klargöra de geotekniska förhållandena samt markens lämplighet för anläggande och påverkan på vattenområdet inom ramen för tillståndsansökan.

I denna PM redovisas även stabilitetsförhållandena inom vattenområdet. För information om byggande, arbetsmetoder samt arbetsordning hänvisas till beskrivningar i Teknisk Beskrivning.



2.0 OBEJKTSBESKRIVNING

Planprogrammet för Järnvågen avser som helhet en strukturerad utveckling av norra Masthugget med förtätning av bland annat bostäder, handel, kulturverksamhet, grönytor och offentliga platser.



16.03.10 - MASTHUGGSKAJEN



[KANOZI] ARKITEKTER

Figur 2: Planerad utbyggnad i vattenområdet, arkitektvision.

Området utgörs av vattenområdet i Göta älv vid östra delen av Masthuggskajen som innefattar kajplats 21-23. I väster avgränsas området av Stenas färjeterminal och i öster av Rosenlundskanalen. Inom området ska markutfyllnader utföras i älven och kajlinjen flyttas ut för att möjliggöra yta för ny exploatering.

3.0 UNDERLAG

3.1 Kartor, ortofoto, mätdata mm

Som underlag för denna geotekniska utredning har nedanstående underlagsmaterial nyttjats. Huvuddelen av underlagsmaterialet har erhållits från Göteborgs Stad.

- Geotekniskt PM (undersökning och utredning) upprättat för detaljplan
- Digital primärkarta med 0,5 m ekvidistans (AutoCad-format).
- Ortofoton över aktuellt planområde
- Batymetrisk mätning av bottenpografin i Göta Älv (GHAB år 2009)
- Stadsbyggnadskontorets detaljerade jordartskarta från år 2006.

3.2 Koordinat- och höjdsystem

För projektet gäller koordinatsystem SWEREF 991200 och höjdsystem RH2000. Samtligt underlagsmaterial har erhållits eller transformerats till dessa system.



3.3 Geotekniska undersökningar

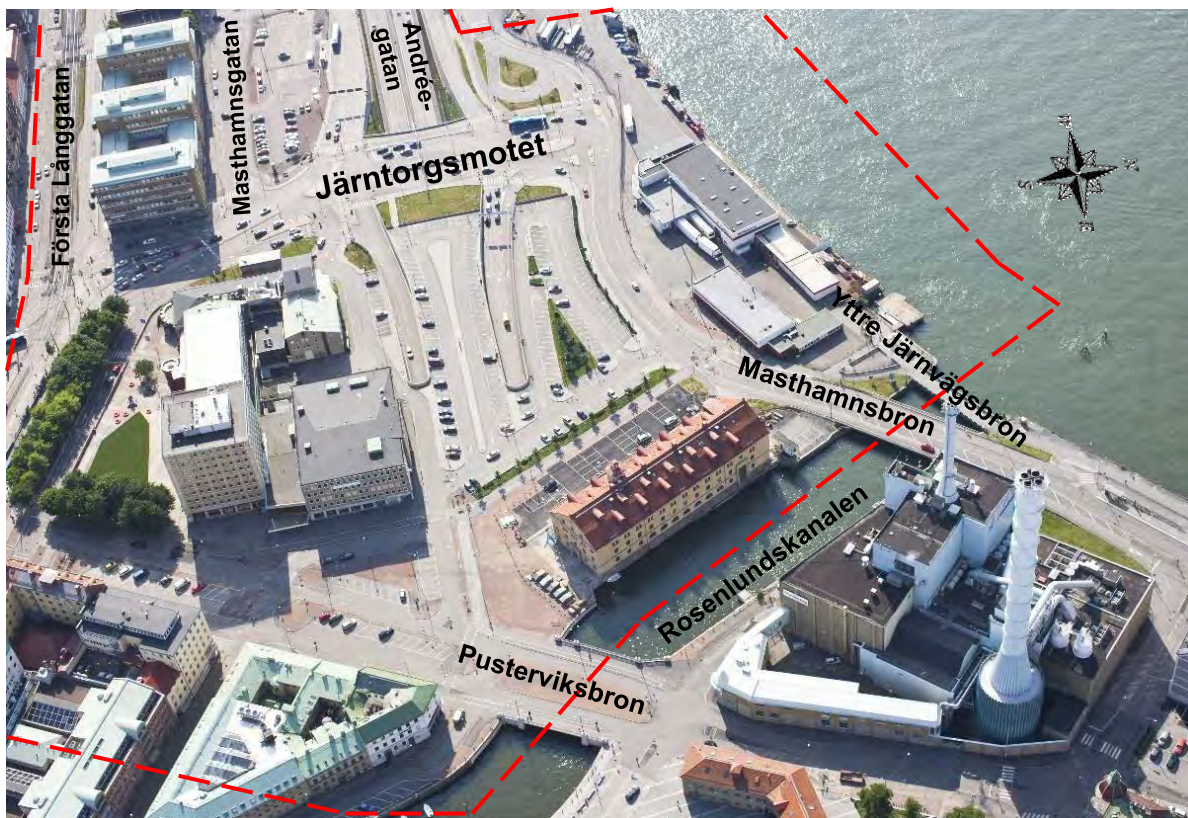
Inom och i anslutning till planområdet har en stor mängd geotekniska undersökningar utförts under årens lopp och finns att tillgå i Stadsbyggnadskontorets geotekniska arkiv.

Befintligt geotekniskt arkivmaterial har tillsammans med de kompletterande geotekniska undersökningar som utförts i samband med geoteknisk utredning för detaljplan utgjort underlag för denna geotekniska utredning. Inarbetat geotekniskt underlagsmaterial redovisas i tillhörande markteknisk undersökningsrapport (MUR/geoteknik) med benämningen "Detaljplan Järnvågsgatan. Inom stadsdelarna Masthugget och Pustervik i Göteborg. Markteknisk undersökningsrapport (MUR/geoteknik)", daterad 2015-05-27 (Golder Associates AB, uppdnr.nr. 1451220160).

Ingen separat MUR upprättas för Tillståndsansökan.

4.0 OMRÅDESBESKRIVNING

Området för vattenverksamhet för detaljplan Järnvågen ligger inom stadsdelen Masthugget, öster om Stenas Danmarksterminal. Det berörda området utgörs av vattenområdet vid kajplats 21-23 längs Masthuggskajen, se Figur 3. Stora delar av området söder om kajplatsen består av trafikområden och hårdgjorda ytor för bilparkering. Götaleden går söder om området i öst-västlig riktning och bildar en barriär mellan bebyggelsen i söder och Göta älv i norr. Götatunnelns västra mynning, knutpunkten Järntorget samt Olof Palmes plats med folkets hus ligger söder om området. Bebyggelsen i omgivande område utgörs av olika typer av byggnader med varierad ålder och våningsplan med i huvudsak kontors- och handelsverksamhet. Området avgränsas av Rosenlundskanalen i öster.



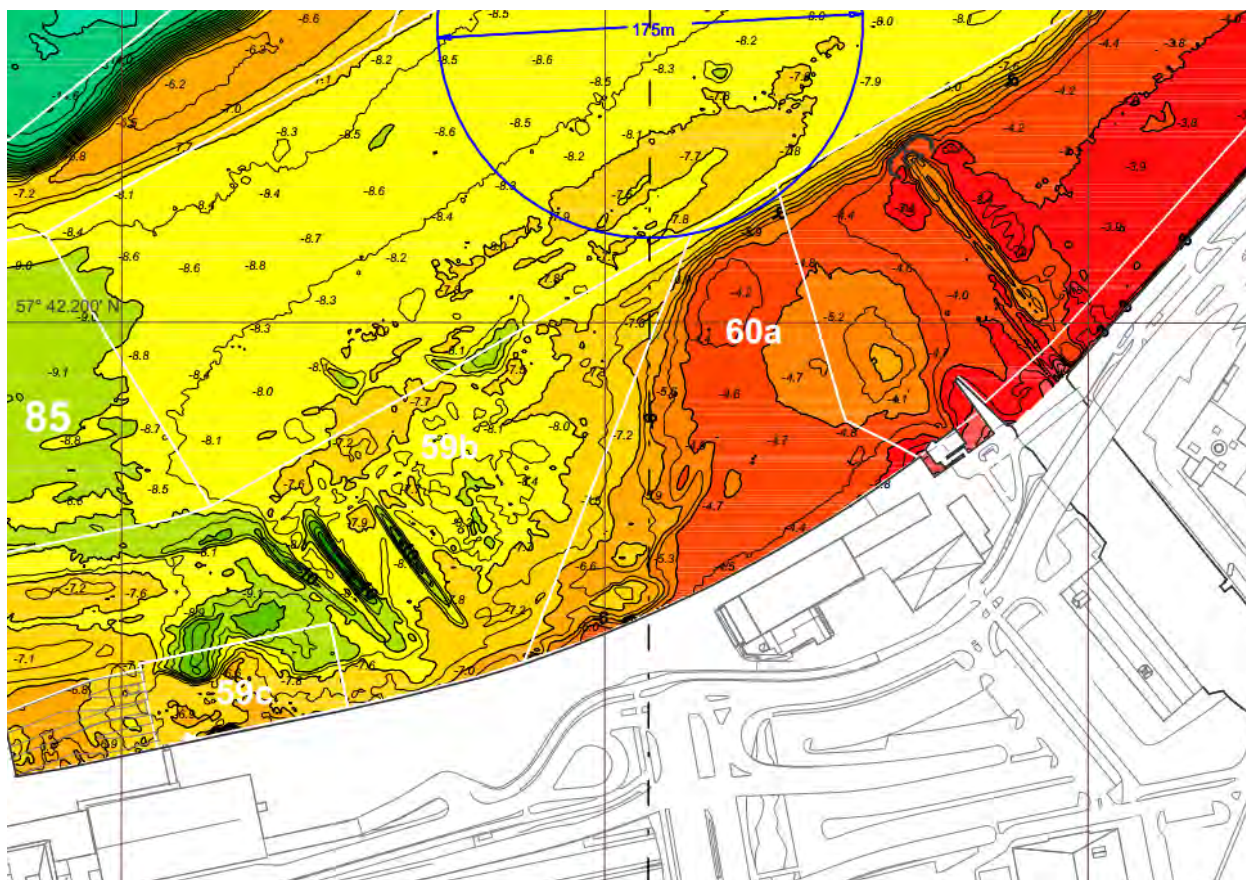
Figur 3: Vy från öster över del av det aktuella området.



Marken inom området som till största delen är hårdgjord är generellt sett plan med endast mindre nivåvariationer, marknivåerna varierar mellan ca +1,5 till +2,5. Nivåskillnaden ner till vattenytan i kanalen och Göta älv uppgår normalt till ca 3 m.

Utanför Masthuggskajen, väster om det aktuella området, har de ytliga lerlagren muddrats bort för att erhålla erforderligt vattendjup för hamnverksamheten. En sjömätning (batymetri) utfördes i mars år 2009 av Marin Miljöanalys AB. Resultatet redovisas i Figur 4 nedan.

Inom området varierar vattendjupet mellan ca 4 till 8 m. I farleden utanför Masthuggskajen uppgår djupet till 8,5-9 m, vilket även motsvarar sjökortsdjupet i denna del av älven. Vattendjupet i farleden bibehålls genom periodiskt återkommande underhållsmuddringar.



Figur 4: Sjömätning mars år 2009, Marin Miljöanalys AB.



5.0 BEFINTLIGA ANLÄGGNINGAR OCH KONSTRUKTIONER

5.1 Historisk översikt

Norra Masthugget ligger på Göta älvs södra sida och har historiskt sett genomgått stora förändringar. Området har varit bebyggt under lång tid och verksamheterna har skiftat under åren. Områdets sträckning längs älven utgjordes ursprungligen av vassbevuxna strandområden som successivt från 1700-talet fyllts ut och älven har muddras för att anpassas till de med tiden förändrade verksamheterna. Rosenlundskanalen grävdes ut under början av 1800-talet.

I början av 1800-talet fanns flera hamnbassänger vars läge var mellan ca 50 till 200 m söder som dagens kaj. Mot slutet av 1800-talet fylldes succesivt bassängerna ut och strandlinjen flyttade i takt med det längre norrut mot älven (Figur 5 och Figur 6).



Figur 5: Området år 1876 (Arkivnämnden 2011).



Figur 6: Strandlinje år 1860 (grön heldragen linje), befintlig kajkant (blå streckad linje) och ursprunglig stenlista (grön mönstrad linje) på karta över befintlig bebyggelse. (Tyréns).

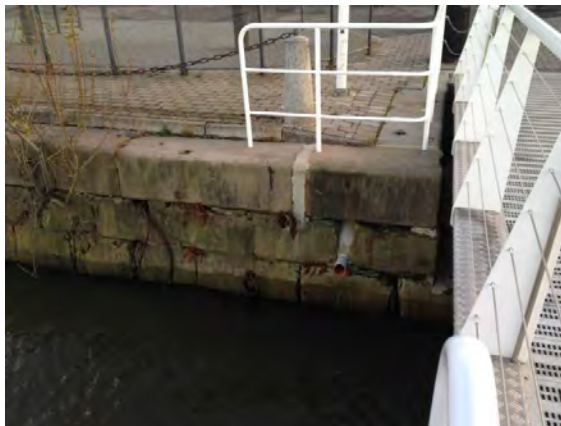


5.2 Befintliga kajer

Inom området är kajernas tillstånd av en något varierande kvalitet men i stort sett i relativt gott skick. De flesta kajerna och broarna inspekteras kontinuerligt och ett omfattande kontrollprogram för sättningar och rörelseuppföljning är framtaget. Nedan finns en detaljerad beskrivning av kajernas utformning.

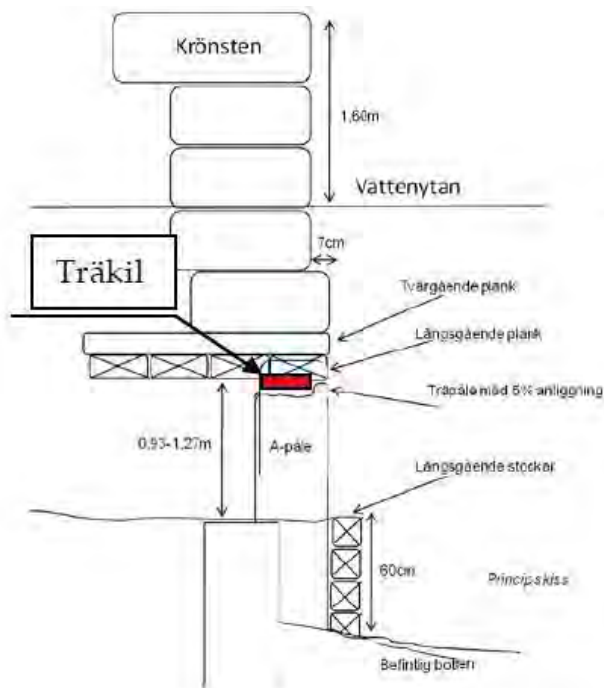
Göta älv

Kajen utmed Göta älv vid Älvsnabbens färjehållplats består fram till Stenas färjeterminal av en äldre kallmur i relativt undermåligt skick och med delvis eftersatt underhåll (Figur 7). Flera av murstenarna är ur sitt ursprungliga läge (rörelser) med växtlighet i fogarna och bristfälliga lagningar.



Figur 7: Kajmur utmed Göta älv vid Älvsnabbens färjeterminal.

Vissa underhållsarbeten som kilning mellan pålar och rustbädd har utförts under år 2012 för att öka anliggningsytan mellan de delvis ruttnande pålar och rustbädd (Figur 8). Enligt en dykinspektion, utförd av Under Ytan 2013-06-17, är underhållsarbetena bra utförda men att ytterligare behov av underhållsarbete föreligger.

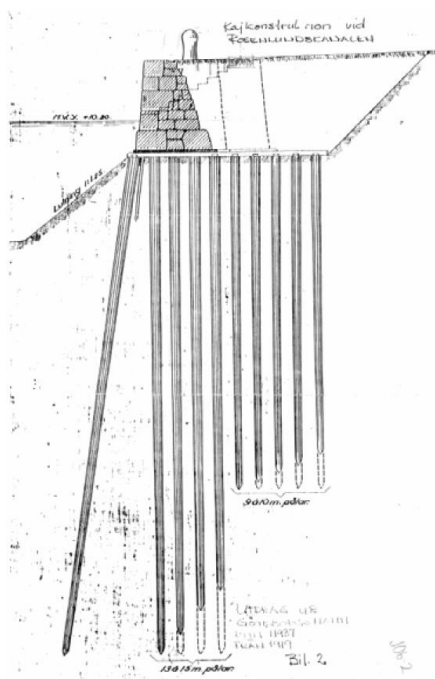


Figur 8: Principskiss av kajkonstruktionen och underhållsarbetena (från Under Ytans rapport)



Rosenlundskanalen

Längs Rosenlundskanalen är kajmurarna av varierande ålder till följd av byggandet av Götatunneln. De äldre delarna är uppbyggda som kallmurar bestående av oregelbundna huggna granitblock och är via en rustbädd av trä grundlagd på ca 10-15 m långa träpålar, se Figur 9. Kajen är i gott skick, avvägningar visar endast på små sättningar/rörelser mellan 0-4 mm under en 16 års period.



Figur 9: Den äldre kajmurens grundläggning

5.2.1 Befintliga broar

Yttre järnvägsbron, den yttre bron över Rosenlundskanalen, byggd år 1905. Bron är en gammal järnvägsbro i stål som tidigare varit svängbar. Bron har grundlagts på tätt slagna träpålar.

Masthamnsbron, som är belägen innanför Yttre Järnvägsbron, är en trestödsbro som byggdes i början av 1980-talet. Bron har grundlagts på stödpålar av betong (medelpållängd ca 36-38 m). Bakom landfästena har lastkompensation med lättklinker utförts. Avvägningar av bron visar på små sättningar/rörelser, ca 2 mm, sedan 1981. Bron med tillhörande brofästen är i relativt gott skick. En dykinspektion utförd av Dyk & Sjötjänst år 2004 visar på viss vittring, max 20 mm, för samtliga 3 pelare i mittstödet vid vattenlinjen.



6.0 GEOTEKTNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

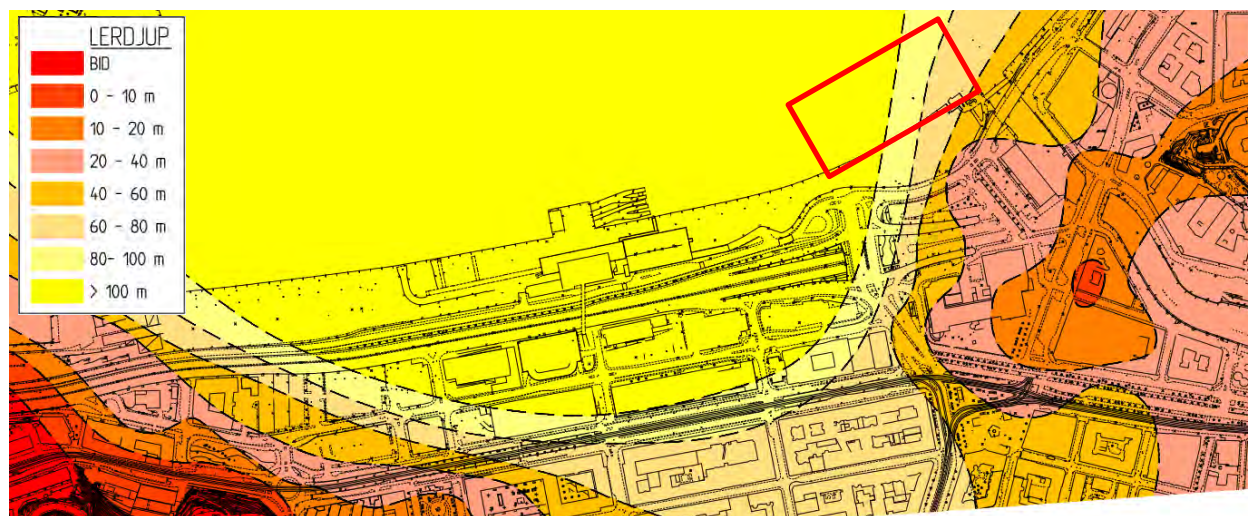
6.1 Jordlagerförhållanden

Området, som idag utgör markområde, har från 1600-talet fram till idag genomgått stora förändringar och marken har fyllts ut i varierande omfattning. De naturliga jordlagren inom landområdet under det ytliga **fyllnadslagret** består av **lera** till generellt mycket stora djup. Leran vilar på ett lager med **friktingsjord** ovan **berg**.

Den generella jordlagerföljden inom vattenområdet (Göta älv) består av ett mäktigt lager med **lera**. Leran vilar på ett lager **friktingsjord ovan berg**.

Inom vattenområdet finns ett ytligt lager med mycket löst bottensediment med gyttig lera ovan lerlagret. Mäktigheten på det lösa bottensedimentet varierar stort (generellt 1 m) till följd av att muddring utförts inom vattenområdet vid flertalet tillfällen, mäktigheten beskriv i detalj i MKB.

Inom området som berörs av tillståndsansökan för vattenverksamhet är generellt lerdjupet mycket stort (>100 m) med minskande lerdjup mot öster. I nedanstående figur presenteras en tolkning av bedömt lerdjup kring Järnvågsgatan och Masthuggskajen. Tolkningen baseras på geotekniska undersökningar och stadsbyggnadskontorets detaljerade jordarts-/lerdjupskarta.



Figur 10: Tolkat lerdjup kring Järnvågsgatan, berört område vid Masthuggskajen är rödmarkerat.

Fyllning (endast inom landområdet)

Fyllnadsmäktigheter inom områden för nuvarande landområden varierar från någon meter upp mot ca 8 m. De största fyllnadsmäktigheterna förekommer i läget för nuvarande kajlinje samt inom området för gamla bassänger. Fyllningen har varierande sammansättning och egenskaper och består bland annat av grus, sand, lera, muddermassor, byggnadsrester som tegel och trä. Även fyllningar med betong och olika sorts slagg förekommer inom området.

Lera

Leran är en postglacial finlera med mycket stora mäktighet. Lerans är något gyttig de översta metrarna och innehåller oftast skalrester. Leran är överst lös och övergår mot djupet till mellanfast, leran är sättningsbenägen vid belastning. Över leran finns ytliga sedimentlager som är mycket lösa. Utförda provtagning visar



att på att sedimenten har en mäktighet som är ca 1 m inom området för Göta älv men kan var upp till 3,5 m vid Rosenlundskanalens utlopp.

Utförda sonderingar i områdets närhet indikerar att lermäktigheterna uppgår till minst ca 100 m inom stora delar av det planerade utfyllnadsområdet. Mäktigheten minskar succesivt mot öster i riktning mot Skeppsbron, och bedöms vara ca 50-60 m vid Rosenlundskanalens mynning i områdets sydöstra hörn. I östra delen längs med Rosenlundskanalens (öster om Lagerhuset) minskar lermäktigheten till att vara ca 10-20 m. Bedömda/tolkade lerdjup framgår av Figur 10.

Friktionsjord och berg

Under leran finns ett lager med friktionsjord ovan berg. Mäktigheten på lagret med friktionsjord har inte bestämts vid utförda undersökningar.

6.2 Geotekniska parametrar

6.2.1 Tunghet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet

Inom hela området återfinns naturligt avsatta och till stor del mäktiga lerlager som har en sammansättning och egenskaper som är att betrakta som normala för Göteborgs centrala delar. Viss skillnad i egenskaper kan dock noteras vid en jämförelse mellan den obelastade leran i vattenområdena och leran inom nuvarande landområde.

Skillnaden i lerans egenskaper beror på den påverkan som utförd belastning genom utfyllnad av strandområdet medfört. För leran inom landområdet kommer därtill belastning från byggnader som bidragit till de konsolideringseffekter som avspeglas i lerans odränerade skjuvhållfasthet.

Tungheten i leran varierar mellan ca 16-17 kN/m³, den uppmätta vattenkvoten varierar i huvudsak mellan ca 60-85 % och konflytgränsen mellan ca 70-90 %.

Leran är att klassificera som låg- till mellansensitiv med en sensitivitet som varierar mellan ca 10-20 inom hela området. Det har inte påträffats någon förekomst av kvicklera eller högsensitiv lera i utförda kolvprovtagningar inom delområdet eller i dess närhet.

6.2.2 Odränerad skjuvhållfasthet

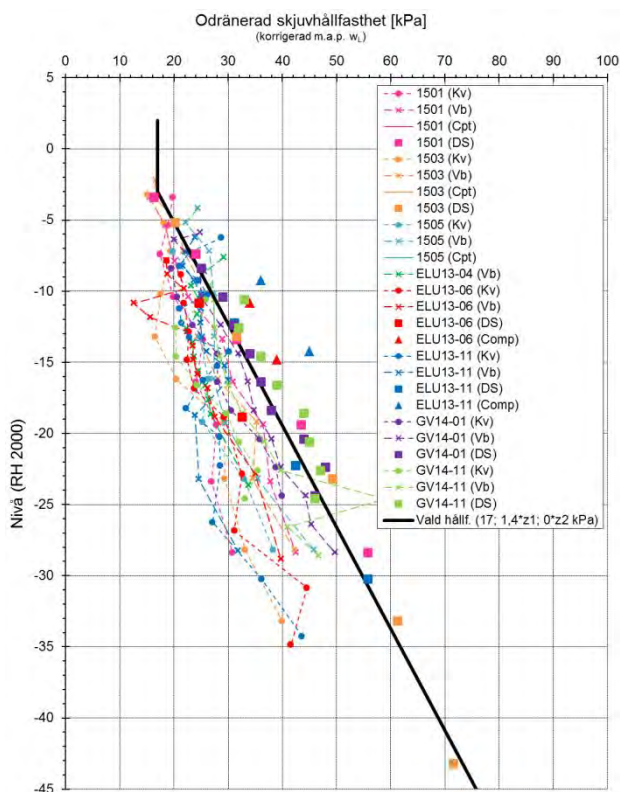
Den odränerade skjuvhållfastheten i leran har utvärderats från nu och tidigare utförda hållfasthetsbestämningar i form av vingförsök, fallkornförsök, CPT-sonderingar, direkta skjuvförsök samt triaxialförsök. Då utförda konsoliderade odränerade direkta skjuvförsök anses vara den undersökningsmetod som bäst representerar den faktiska hållfastheten i leran så har stor tonvikt lagts på resultaten från dessa vid utvärderingen av skjuvhållfastheten.

De utförda försöken visar att den odränerade skjuvhållfastheten inom vattenområdet är lägre jämfört med motsvarande nivåer inom de utfyllda landområdena. Detta är en konsekvens av skillnaden i konsolideringsförhållanden och rådande insituspänning mellan det avlastade (eroderade) vattenområdet och de ut-/uppfyllda (belastade) landområdena.

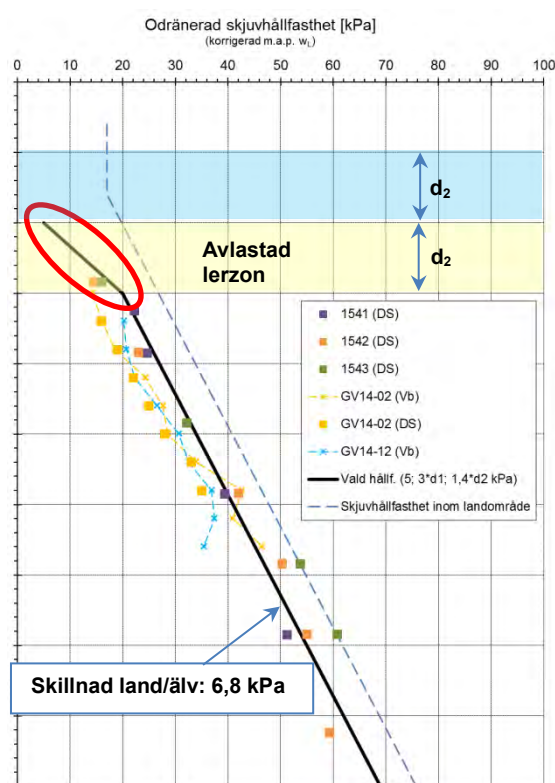
Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet (korrigerad m.a.p. konflytgränsen) för land- respektive vattenområdet presenteras i nedanstående diagram (Figur 11) samt i tabellform i Tabell 1.



Utvärderad skjuvhållfasthet inom landområdet



Utvärderad skjuvhållfasthet inom älvmrådet



Figur 11: Sammanställning och utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet.

Leran direkt under älvbotten är normalt mycket lös (ca 5 kPa) till följd av älvens avlastning och förekomsten av lösa bottensediment. Den avlastade zonen av leran är ungefär ett lerdjup under älvbotten som rådande vattendjup. Inom denna zon är hållfasthetstillväxten i leran av en storlek att den därunder "när upp till" ursprunglig hållfasthetsnivå, vilket motsvarar ca 6 kPa lägre än utvärderad skjuvhållfasthet på motsvarande nivå inom landområdet, enligt hållfasthetsdiagrammet till höger i ovanstående figur. Att hållfastheten inom vattenområdet mot djupet är ca 7 kPa lägre än inom landområdena beror på skillnaden i konsolideringsförhållandena till följd av de utfyllnader som är gjorda inom landområdena.

Tabell 1: Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet inom landområde

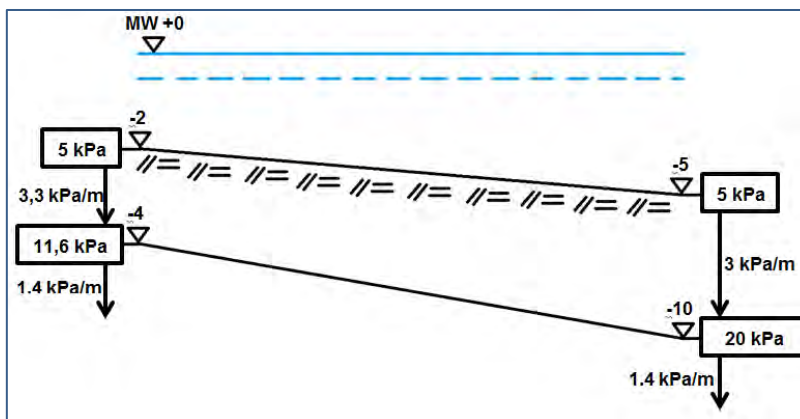
Nivå	Odränerad skjuvhållf. c_{ul}
ök lera till -3,0	17 kPa
-3,0 -	$17+1,4 \cdot d_1$ kPa (d_1 räknad från nivå -3)

Tabell 2: Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet inom älven

Nivå	Odränerad skjuvhållf. $c_{u\alpha}$
Älvbotten till motsvarande ett vattendjup (d_2) ner i leran	$5+x \cdot d_2$ kPa (dvs. 5 till " $c_{ul} - 6,8$ " kPa)
Ett vattendjup (d_2) ner i leran -	$(c_{ul}-6,8)+1,4 \cdot d_3$ kPa



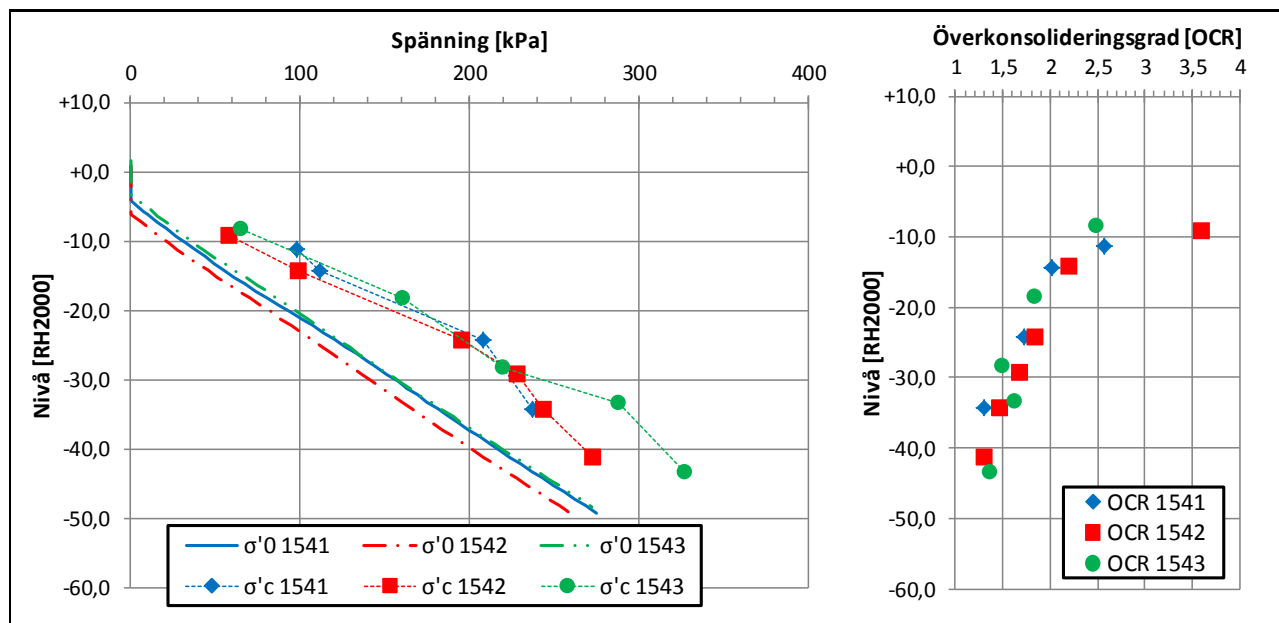
Den odränerade skjuvhållfastheten i bottenskiktet inom Göta älv bedöms vara låg, ca 5 kPa i bottenytan för att därefter öka så att hållfastheten når den beskriven i Tabell 2 på ett djup under bottenytan motsvarande vattendjupet, se Figur 12.



Figur 12: Schematisk bild över skjuvhållfasthetsökningen i leran inom Göta älv.

6.2.3 Konsoliderings- och deformationsegenskaper

Leran under älvbotten bedöms överkonsoliderad, med en OCR på ca 2,5 vid nivå -10 som minskar till ca 1,3 vid nivå -50. De ytliga sedimenten är mycket lösa vilket innebär att det kommer att utbildas initiella sättningar vid utläggning av större utfyllnader.



Figur 13: Effektiv- (σ'_0) och förkonsolideringsspänningens (σ'_c) ökning mot djupet samt överkonsolideringsgraden (OCR) under älvbotten.



6.3 Geohydrologiska förhållanden

6.3.1 Grundvatten och portrycksförhållanden

Inom landområdet förekommer grundvatten i de ytliga jordlagren, som till stor del består av fyllnadsmaterial. Grundvattennivån i fyllnadslagren kan förutsättas korrespondera med vattennivån i älven (motsvarar djupet ca 2 m under markytan, dvs nivån ca +0) med viss fördröjning i responsen på vattenståndsvariationer. Fördröjningen kan antas öka med avståndet från vattendraget.

Enligt såväl tidigare utredningar som nu utförda portrycksmätningar är portrycksgradienten i leran något högre än hydrostatisk. Trycknivån på djupet ca 20 m är ca 0,5 m under markytan.

Denna ansökan beskriver i huvudsak områden som ligger inom området för Götaälv. Portryckssituationen under botten i Götaälv har inte uppmätts i samband med denna utredning. Det kan dock förväntas ett hydrostatiskt portryck (relaterat mot medelvattenstånd) ner till minst 10-15 m djup under botten på älven. Under detta djup sammanfaller portrycket med det portryck som råder inom landområden

6.3.2 Vattenförhållanden i älven

Vattendjupet utanför kajplats 21-23 är generellt ca 4-5 m och håller det djupet till och med ca 100 m från kajkant, se Figur 4. Därefter ökar djupet kraftigt mot mitten av älvfåran till ca 8 m. I västra delen av området, vid kajplats 23, är vattendjupet större till följd av muddring och erosion av havsbotten på grund av färjetrafiken. Redan vid ca 40 m avstånd från kajkant finns uppmätta djup omkring ca 8 m.

Karaktäristiska vattenstånd i Göteborg-Torshamnen redovisas i nedanstående tabell (Tabell 3)

Tabell 3: Karakteristiska vattennivåer (relaterade till medelvattennivån) uppmätta vid Torshamnen i Göteborg.

	Vattennivå (m)
HHW	1,69
MHW	0,92
MW	0
MLW	-0,60
LLW	-1,11



7.0 SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN

7.1.1 Inom landområdet (angränsande områden till vattenverksamheten)

Inom *landområdet* pågår idag sättningar i mark som orsakats av det utfyllnader som utförts genom åren. De sättningar som pågår idag är i huvudsak krypsättningar som kan förväntas pågå under lång tid. Det finns med nuvarande underlag inga uppgifter till vilket djup sättningarna pågår vilket är viktigt vid bestämning av påhängslaster på pälar.

Pågående sättningar innebär att pälgrundläggning måste dimensioneras för påhängslaster (negativ mantelfriktion). Inga uppgifter finns i underlaget som visar på till vilket djup sättningarna pågår men som en indikativ uppgift kan antas att det handlar om till ett djup av 20-30 m.

Nya utfyllnader, markplaneringar, vägar etc kommer medföra nya sättningar. Större utfyllnader bör hanteras med lättfyllnadsmaterial samt i anslutning till känsliga objekt bör pälgrundläggning övervägas. Erfarenheterna av projekt Skeppsbron (både avseende projektering och byggande) som har i mycket gemensamt med detta område visar på att just ledningsläggning samt övergångar mellan pålade och icke pålade ytor kräver extra eftertanke och planering.

Jorden inom det aktuella undersökningsområdet består inom *landområdet* till stor del av lera med stor mäktighet överlagrad av ett fyllnadslager med varierande mäktighet. Att området är utfyllt och att undersökningar visar att leran är normalkonsoliderad för nuvarande last (ca OCR=1,0 enligt utförda CRS-försök) innebär att sättningsbenägenheten är stor om ytterligare last påförs inom området.

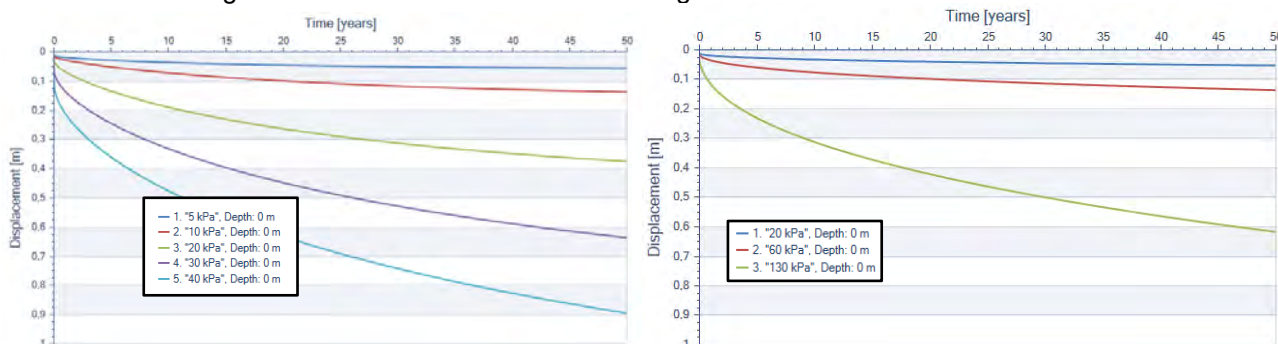
7.1.2 Inom Vattenområdet

Under Göta älv är leran något överkonsoliderad till följd av den avlastning som erosionen medfört. Planerade byggrätter inom *vattenområdet* kommer dock innebära mycket stor utfyllnad (upp till nivå +2,8) och belastning av leran vilket kommer generera omfattande sättningar i leran om inte pälgrundläggning genomförs.

Mindre bottenutfyllnader (under vattenytan) genererar endast mindre sättningar förutom de initiala sättningar som utbildas i över jordlager direkt vid utfyllnad.

7.1.3 Översiktliga sättningsanalyser

Översiktliga sättningsanalyser har utförts inom landområdet och planerade utfyllnadsdelarna i älven. Inom landområdet har effekten av markbelastningar på 5-40 kPa studerats (motsvarar ca 0,25-2 m markutfyllnad med fyllnadsmaterial). Inom Göta älv har sättningsanalyser av lastfall med en markbelastning på 20-130 kPa utförts (motsvarar utfyllnad med ca 2 m under vatten, utfyllnad till ca medelvattennivå samt utfyllnad till nivå +2,8). Förväntade sättningar för de olika lastfallen redovisas i Figur 14 för landområdet och området inom Göta älv.



Figur 14: Resultat från översiktlig sättningsberäkning inom landområdet (t.v.) och Göta älv (t.h.).



Ur diagrammet kan exempelvis utläsas att vid måttliga belastningar i form av uppfyllnad i storleksordningen ca 1 m (motsv. ca 20 kPa last) kan en sättning i storleksordningen ca 40 cm inom landområdet förväntas.

Inom Göta älv redovisas de tidsberoende sättningarna vilka för 130 kPa blir i storleksordningen ca 60 cm. Detta inkluderar dock inte stora initiala sättningar, till följd av de lösa bottensedimenten, vilka förväntas utbildas i samband med påförande av laster.

8.0 STABILITETSFÖRHÅLLANDEN

8.1 Allmänt

Stabilitetsanalyser har utförts för att kontrollera totalstabiliteten i undervattenslätten ut mot farleden vid kajplats 21-23. Totalstabiliteten har kontrollerats för befintliga förhållanden (både längs med befintliga kajer samt slänt mot farled). Stabilitetsberäkningar har även utförts för att planerade utfyllnader.

Stabilitetsanalyserna har utförts med kombinerad och odränerad analys med Slope/W version 8.12.3.7901 (Geostudio 2012). Redovisade säkerhetsfaktorer avser Morgernstern-Price metod för cirkulär cylindriska glidytor.

8.2 Rekommenderad säkerhet

Stabilitetsutredningen har utförts enligt IEG:s *Rapport 4:2010 – Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar*, där erforderlig säkerhetsfaktor gäller för *Detaljerad utredning* för berört område med markanvändningen *Befintlig bebyggelse och anläggning* samt *Planläggning*.

Enligt ovanstående gäller följande rekommendationer för säkerhetsfaktorn mot brott:

Tabell 4: *Säkerhetsrekommendation enligt IEG:s Rapport 4:2010 för befintlig bebyggelse och anläggning.*

	Bef bebyggelse och anläggning	Planläggning
F_c	$\geq 1,7-1,5$	$\geq 1,7-1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5-1,3$	$\geq 1,5-1,4$

Den rekommenderade säkerhetsnivån utgörs således av ett "spann" mellan olika nivåer på erforderlig säkerhetsfaktor. Vilken rekommendation på erforderlig säkerhetsfaktor som bör gälla inom ett projekt bestäms av ett stort antal faktorer som betecknas som "gynnsamma" eller "ogynnsamma". Exempel på en ogynnsam faktor är t.ex. förekomst av kvicklera, stora konsekvenser av ett skred, pågående erosion eller ett begränsat antal geotekniska undersökningar etc.

Längs Masthuggskajen är de geotekniska förhållandena relativt väl kända. Ingen kvicklera förekommer inom området. Det pågår inte heller någon erosion längs slänterna som påverkar stabiliteten negativt.

Med utgångspunkt från de förutsättningar (både yttre och geotekniska) som råder inom det aktuella området rekommenderas följande säkerhetsnivå för detaljplaneområdet:

Tabell 5: *Vald säkerhetsrekommendation för denna detaljplan.*

F_c	$\geq 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,4$

Erforderliga säkerhetsfaktorer har valts till en nivå som överensstämmer med den säkerhetsnivå som krävs enligt den nya normen då detaljprojektering kommer att utföras i enlighet med de riktlinjer som gäller enligt IEG Rapport 6:2008, rev 1, Slänter och Bankar.



8.2.1 Utformning och geometri

Underlag till utförda stabilitetsberäkningar för detaljplaneområdet har hämtats från den digitala primärkartan samt från sjömätning (multibeamekolodning Göteborgs Hamn år 2009) och tidigare utförda undersökningar inom området. Planerade nya marknivåer innebär en marknivå som är +2,8, se vidare övriga handlingar i denna tillståndsansökan.

8.2.2 Yttre laster

Marklaster för vägar inom området har ansatts enligt TK Geo 13 till 13 kPa. Byggnader och anläggningar som är grundlagda på pålar medför inget lasttillskott på kritiska glidytor varför de inte har någon påverkan på stabiliteten i området.

8.2.3 Materialparametrar

I nedanstående tabell redovisas exempel på de materialparametrar som använts vid stabilitetsanalyserna. Valda materialparametrar för respektive beräkningssektion redovisas dessutom i sin helhet på respektive stabilitetsberäkning i BILAGA 4.

Tabell 6: Valda/utvärderade materialparametrar.

Jordlager	Materialegenskaper	Karakteristiskt värde
Fyllnadsmaterial	Tunghet (torr), γ Effektiv tunghet under GW, γ' Friktionsvinkel, ϕ'	18 kN/m ³ 11 kN/m ³ 32°
Lera (land) (ner till nivån -3)	Tunghet (torr), γ Odränerad skjuvhållfasthet, c_u	16 kN/m ³ 17 kPa
Lera (land) (d ₁ räknad från nivån -3)	Tunghet (torr), γ Odränerad skjuvhållfasthet, c_{uL}	16 kN/m ³ 17+1,4·d ₁ kPa
Lera (Göta älv, ytlig) (från älvbotten ned till lerdjup motsv vattendjupet, d ₂ fr botten)	Tunghet (torr), γ Odränerad skjuvhållfasthet, c_u	16 kN/m ³ 5+x·d ₂ kPa
Lera (Göta älv) (under lerdjup som motsvarar vattendjupet)	Tunghet (torr), γ Odränerad skjuvhållfasthet, c_u	16 kN/m ³ c_{uL} -6,8 kPa
Friktionsjord	Tunghet (torr), γ Effektiv tunghet under GW, γ' Friktionsvinkel, ϕ'	18 kN/m ³ 11 kN/m ³ 32°

Lerans dränerade hållfasthetsegenskaper har vid stabilitetsberäkningarna antagits till $\phi'=30$ och $c'=0,1 c_{uk}$, vilket normalt gäller för leror i Västsverige.



8.2.4 Grundvatten, portryck och vattennivå

Vattennivån i Göta älv har valts till -1,1 vilket motsvarar lägsta lågvattennivån (LLW). Vid lägsta lågvatten är vattnets mothållande effekt som lägst vilket därmed utgör det farligaste fallet för stabiliteten (odränerad analys). I den kombinerade analysen har lägsta lågvatten i älven kombinerats med en relativt högt belägen grundvattenyta. Dessa förutsättningar är på den säkra sidan då grundvattenytan sannolikt ligger lägre då lägsta lågvatten råder i älven än vid normalvattenstånd.

Grundvattenytans läge har vid stabilitetsanalyserna placerats på djupet ca 2 m. Portrycket i leran har ansatts med en hydrostatisk portrycksprofil från grundvattenytan vilket verifierats med utförda portrycksmätningar.

8.3 Stabilitetsanalyser

Stabiliteten i området kring utfyllnaden i Göta älv har för befintliga förhållanden analyserats i två sektioner (benämnda sektion 3 och 4 enligt nedanstående figur).

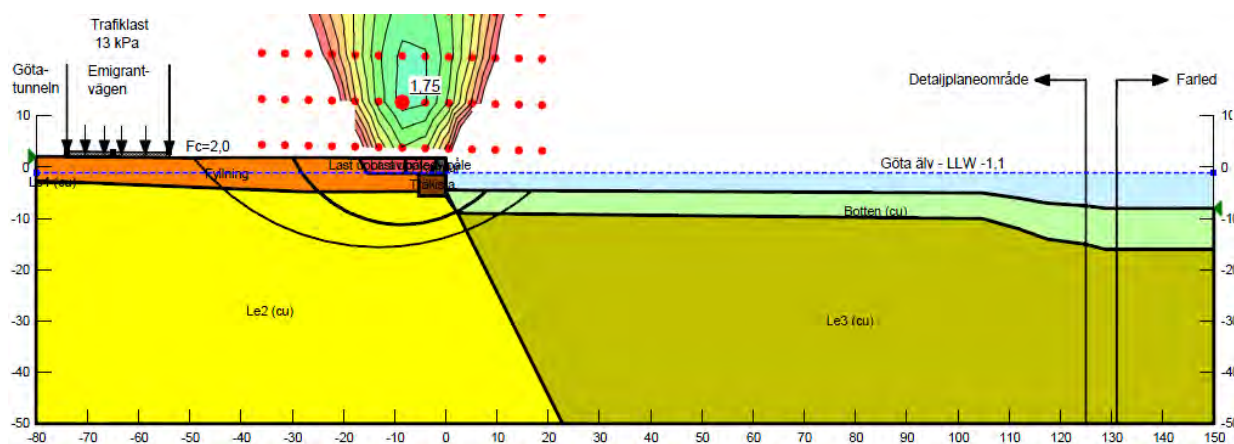


Figur 15: Placering och numrering av beräkningssektioner.

8.3.1 Befintliga förhållanden

Östra delen av Masthuggskajen mot Göta älv (sektion 3)

Utförda stabilitetsberäkningar visar att säkerheten mot ett odränerat brott är ca $F_c=1,75$ (se Figur 16) och mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,7$ enligt BILAGA 4. För denna typ av korta glidytor har kajkonstruktion och dess grundläggning en betydande inverkan. I detta skede har det dock inte utförts någon ingående studie av dessa då denna kajdel kommer att utgå/rivas i samband med utfyllnaden i älven.

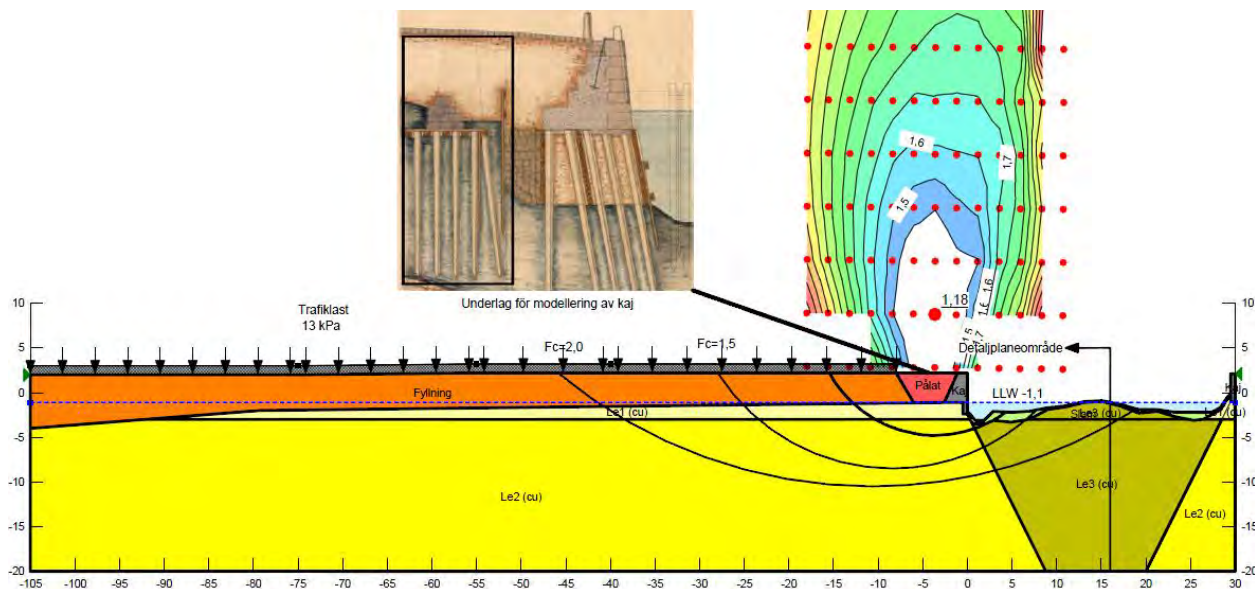


Figur 16: Odränerad analys av befintliga förhållanden i Sektion 3.



Rosenlundskanalen (sektion 4)

Utförda stabilitetsanalyser mot Rosenlundskanalen påvisar att stabiliteten för korta glidytor (utbredning ca 5-10 m) som huvudsakligen berör kajmurarna inte är tillfredsställande. Lägsta säkerhetsfaktor mot ett odränerat brott är ca $F_c=1,2$ (Figur 17) och mot ett kombinerat brott ca $F_{komb}=1,1$.

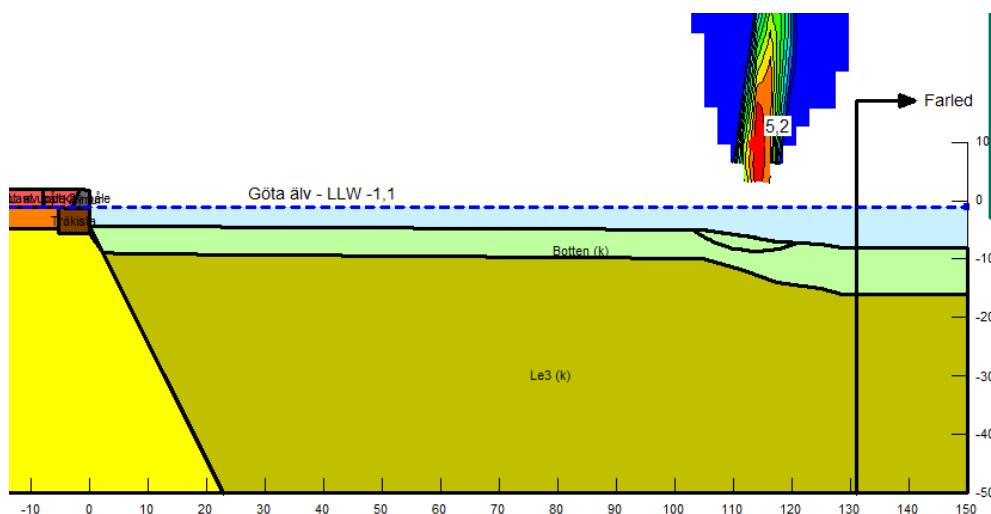


Figur 17: Odränerad analys av befintliga förhållanden i Sektion 4.

Det ska dock noteras att säkerhetsfaktorn för dessa glidytor är starkt beroende av kajmurarnas grundkonstruktioner och dess kondition. I detaljplanen för området är någon form av stabilitetsförbättrande åtgärd föreskriven. Detaljutformning kommer att beslutas i projekteringsskedet.

Stabilitet mot farleden

Inom Göta älv är botten som djupast i farleden med ett vattendjup på ca 8 m. Slänt mellan farled och övrigt vattenområde är i denna del relativt flack (lutning <1:5) med en nivåskillnad på ca 4-5 m. Stabiliteten för slänten mot farleden är tillfredsställande (säkerhetsfaktor mot brott $F>5$).



Figur 18: Stabilitet i undervattensslänt mot farled (kombinerad analys), Sektion 3.



8.3.2 Stabilitet för planerad utfyllnad i Göta Älv

Utformning av planerade utfyllningar framgår av underlag i Teknisk Beskrivning.

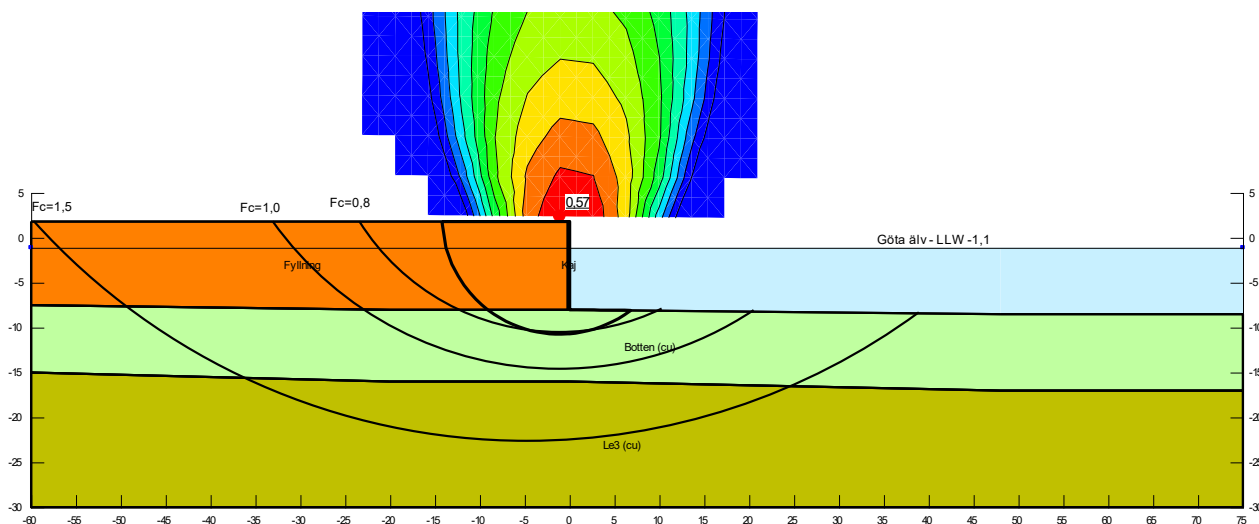


Figur 19: Planerade utfyllnader.

Analyserna visar att för att möjliggöra utfyllnad i älven erfordras geotekniska stabilitetsförbättrande åtgärder. Säkerhetsfaktorn mot brott vid en oförstärkt utfyllnad är ca $F \leq 1$ såväl för odränerat som kombinerat brott.

Utförda stabilitetsanalyser visar att stabilitetsförbättrande åtgärder erfordras för att möjliggöra utfyllnad i älven (vid oförstärkt utfyllnad är $F \leq 1$, Figur 20).

Vid utfyllning i älven måste därför de påförda lasterna tas om hand genom till exempel pålning under föreslagen utfyllnad, se vidare beskrivning i Teknisk Beskrivning.



Figur 20: Stabilitetsförhållanden vid utfyllnad i älven utan åtgärd.

8.4 Erosion

Det förekommer ingen risk för erosion i anslutning till planområdet då kajer mot Göta älv är skyddade med spont eller kajmurar och Rosenlundskanalens kanter/slänter är skyddade med kajmurar.



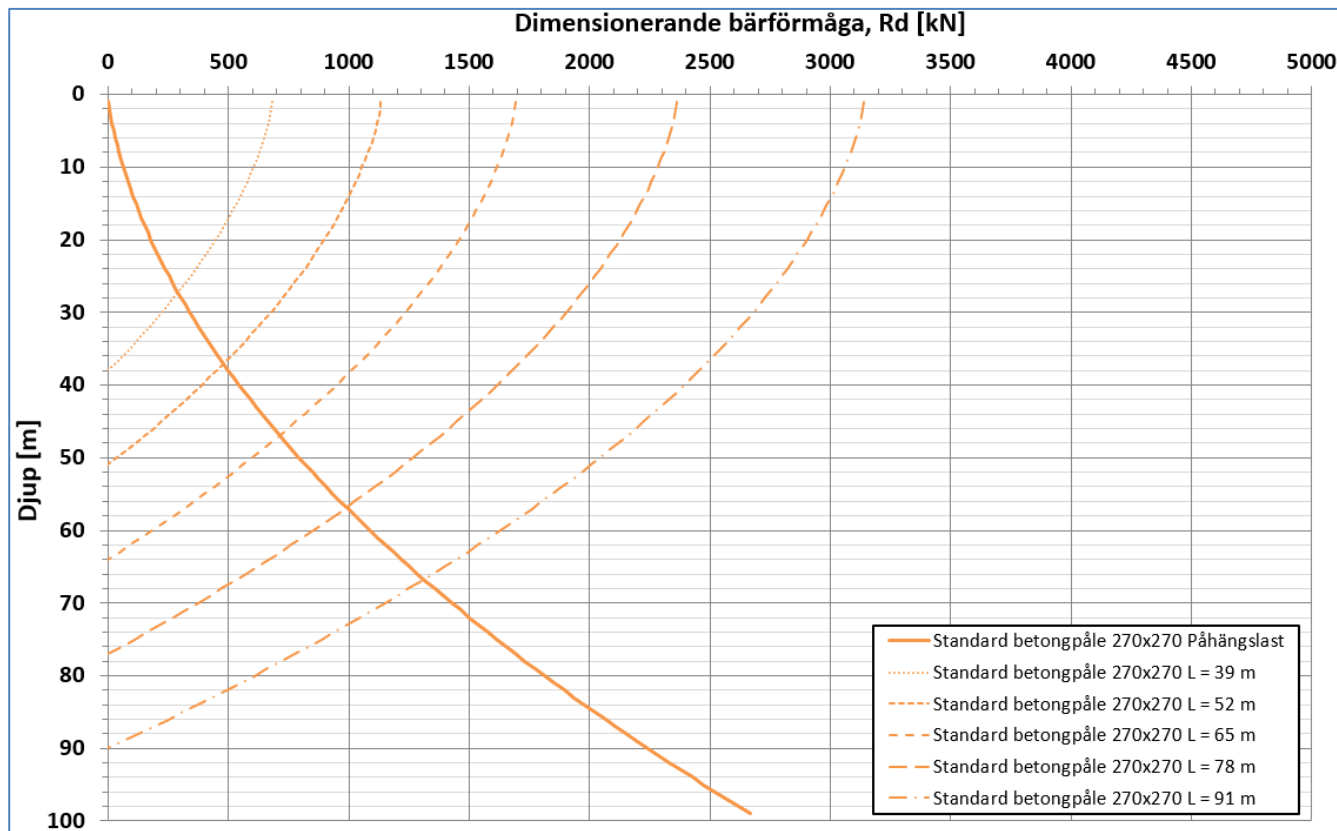
9.0 PRINCIPER FÖR GRUNDLÄGGNING

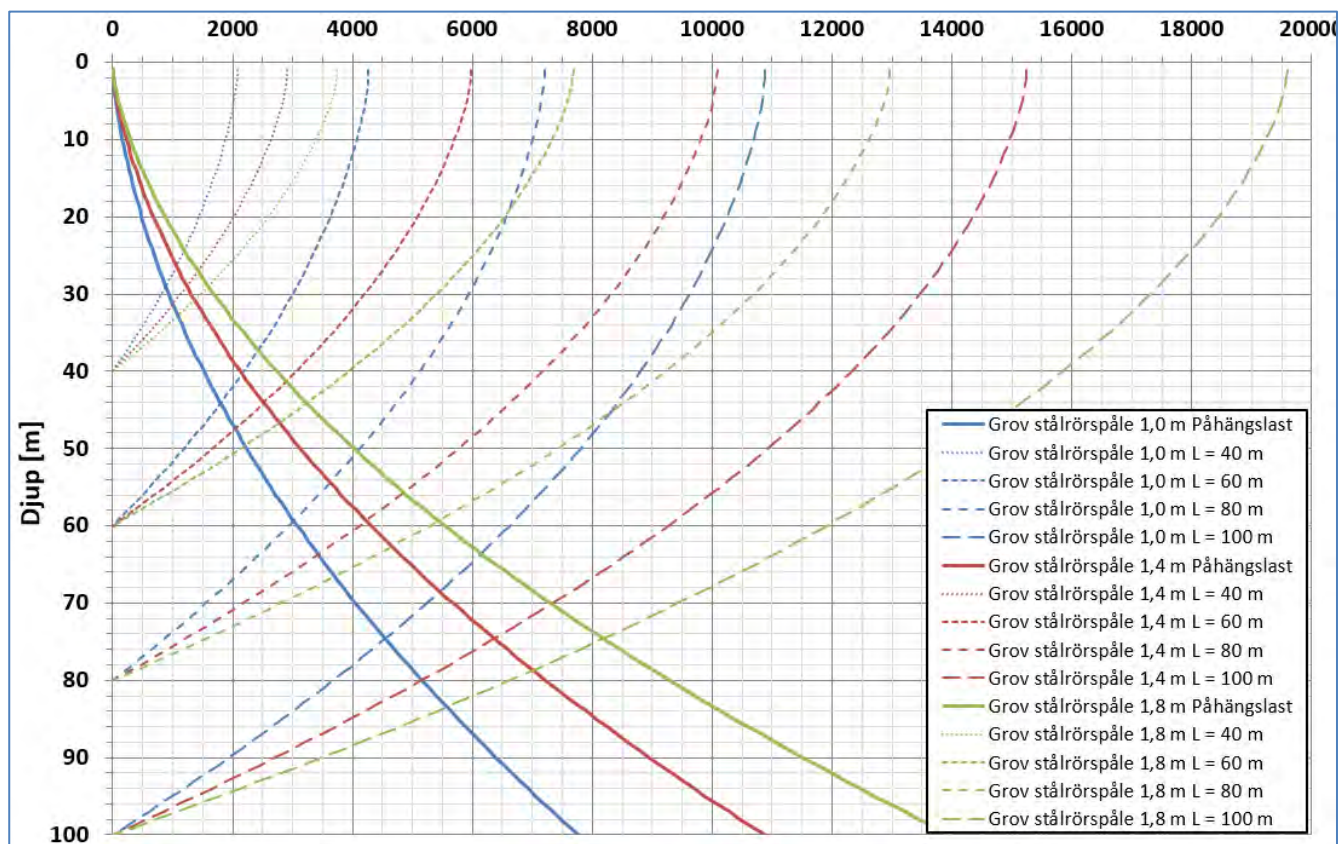
Utformning, arbetsordning och förslag till grundläggning framgår av Teknisk beskrivning. I denna PM redovisas endast de geotekniska förutsättningarna samt förutsättningar för dimensionering av grundläggning. Inom området är lermäktigheten stor vilket innebär att byggnader och anläggningar kommer att grundläggas på både långa spetsburna eller mantelburna pålar.

Spetsburna pålar kan förutsättas inom framförallt de östra delarna av området där jorddjupen är mindre. Spetsburna pålar kan utgöras av standardpålar av betong eller olika typer av stålplålar (stålkärne- eller stålörspålar). Slutligt val av påltyp beror till stor del av laster samt risker för omgivningspåverkan. För lägre laster (hus med upp till ca 4-5 våningar) är ofta betongpålar ett bra alternativ. En fördel med stålplålar är att de minimerar olika problem avseende omgivningspåverkan.

Mantelburna pålar (sk kohesionspålar) är aktuellt som grundläggningsmetod i huvudsak då jorddjupen är större än 50-60 m. Där djupet överskrider ca 70 m är det ett än mer sannolikt val av grundläggningsmetod. Vid riktigt höga byggnader eller i punkter som kräver stor lastupptagning kan det dock trots stora djup vara aktuellt med spetsburna pålar.

En översiktlig kontroll har utförts av vilken geoteknisk bärförmåga och teoretiskt möjlig påhängslast som kan förväntas för en standard betongpåle (270x270) samt några olika dimensioner på stålörspålar, vilket presenteras i Figur 21. Beräkningarna baseras på en generell bedömd värdering av "äta faktorer" och partialkoefficienter och med den odränerade hållfasthet (som då i detta fall får representera värdet av ett okorrigerat vingförsök) som redovisats i detta PM. Även om detta endast är en översiktlig bedömning av pålarnas geotekniska bärförmåga och teoretiskt möjliga påhängslaster så kan diagrammen ge en viss indikation på vilken bärförmåga som kan uppnås för olika pållängder och typer/dimensioner. Notera dock att för vilken faktisk påhängslast som ska beaktas beror av till vilket lerdjup som det pågår sättningar.





Figur 21: Översiktligt bestämd dimensionerande geoteknisk bärförmåga och teoretiskt möjlig påhängslast för olika pållängder och påltyper inom vattenområdet (Btgpålar i övre diagrammet och stålrörspålar i nedre).



10.0 OMGIVNINGSPÅVERKAN I BYGGSKEDET

Detaljerad beskrivning av omgivningspåverkan och åtgärder för att minimera dessa framgår av MKB.

Geoteknisk omgivningspåverkan avser både störning och påverkan på befintliga (vilket även de nya byggnader som byggts inom området inom ramen för just detta område) intilliggande byggnader. Nedan beskrivs några saker att beakta vid grundläggningsarbetena i området.

10.1 Schakt och fyllnadsarbeten

I samband med alla arbeten är det viktigt att beakta och begränsa markrörelser i omkringliggande mark till följd av schakt, fyllning, pålnings- och spontarbeten och som kan orsaka påtaglig skada för omkringliggande byggnader och anläggningar. Djupare schaktning kan påverka lokalstabiliteten, tillfälliga stödkonstruktioner måste dimensioneras för varje enskilt fall med hänsyn till bland annat befintliga jordlagars uppbyggnad och hållfasthet, förekommande belastningar som upplag och pågående trafik intill schakt mm. Dessa risker kommer att hanteras med krav som ställs på entreprenör i de kontrollprogram som upprättas i byggskedet.

10.2 Buller, Markvibrationer och rörelser

Pålnings- samt spontslagning medför risker i form av buller, vibrationer samt markrörelser. Hantering buller och vibrationer framgår av MKB för tillståndsansökan och behandlas därför ej vidare i detta PM. För markrörelser gäller att krav kommer att ställas på de temporära konstruktioner som installeras i projektet. Rörelser kommer att följas upp i de kontrollprogram som upprättas i byggskedet.

Riskreducerande åtgärder vid pålning kan vara proppdragning, val av installationsordning eller val av gynnsammare påltyp.

GOLDER ASSOCIATES AB

Göteborg 2016-10-21

Urban Högsta
Teknikansvarig geoteknik

Ola Skepp
Uppdragsledare Geoteknik

UH/OS

Org.nr 556326-2418

VAT.no SE556326241801

Styrelsens säte: Stockholm

g:\projekt\2014\1470160-dp järnvägsgatan, gbg\14_rapport\tillståndsansökan\järnvägsgatan_tillståndsansökan-pm_geoteknik.docx



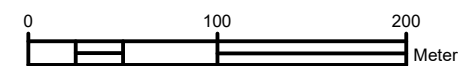
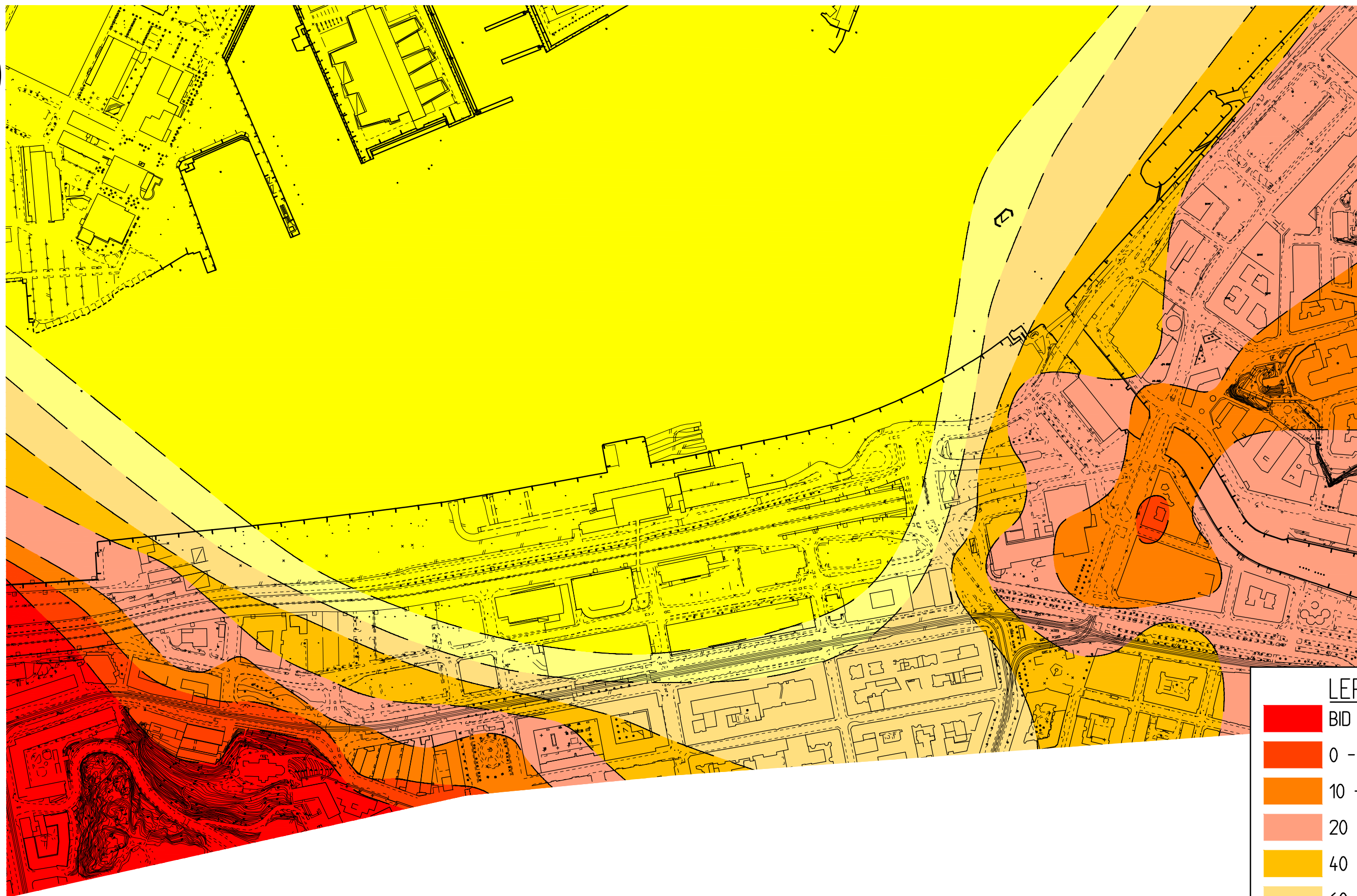
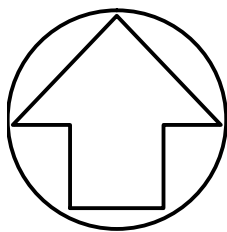
BILAGA 1

Geotekniska undersökningar



BILAGA 2

Tolkning av lerdjup





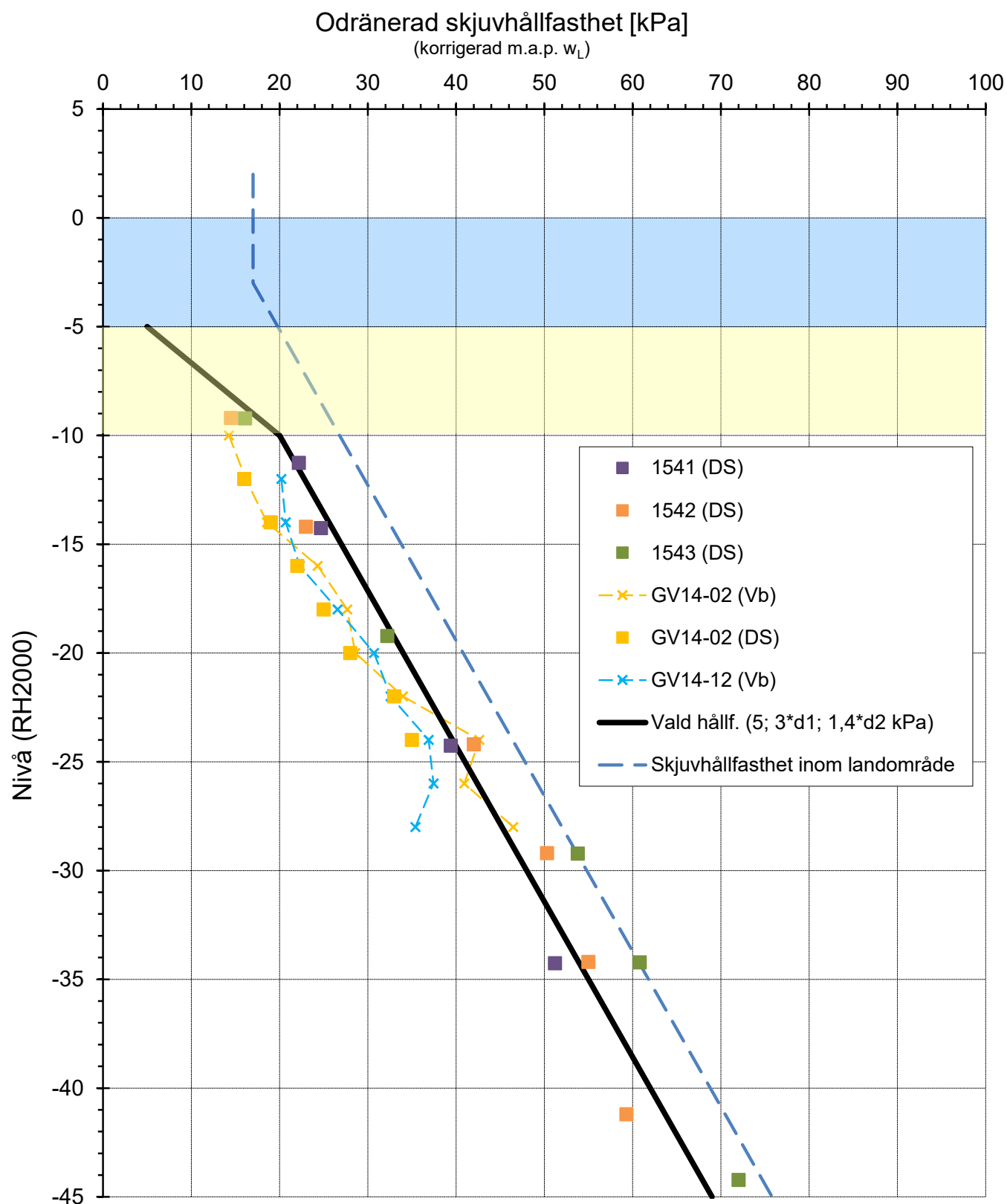
BILAGA 3

Utvärdering odränerad skjuvhållfasthet

Järnvågen - Älv



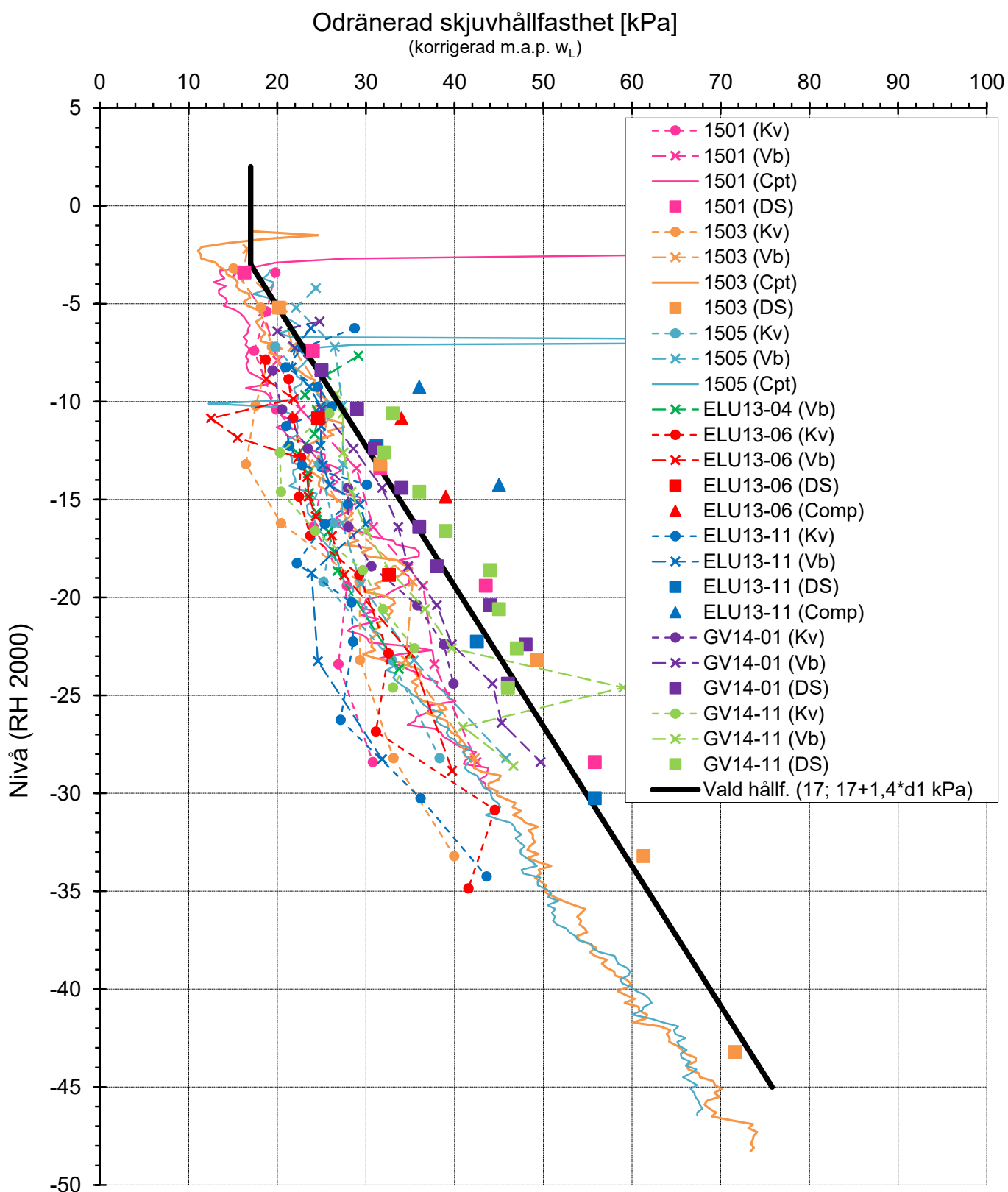
Sammanställning och utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet



Järnvågen - Landområden



Sammanställning och utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet





BILAGA 4

Stabilitet



OBJEKT

Järnvågen

SKEDE

Befintliga förhållanden

SEKTION

Sektion 3

ANALYS

Odränerad analys

BESKRIVNING

*

UPPDRAG

Dp Järnvågsgatan

UPPDRAGSNUMMER

1451220160

BESTÄLLARE

Älvstranden Utveckling AB

ANALYSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys

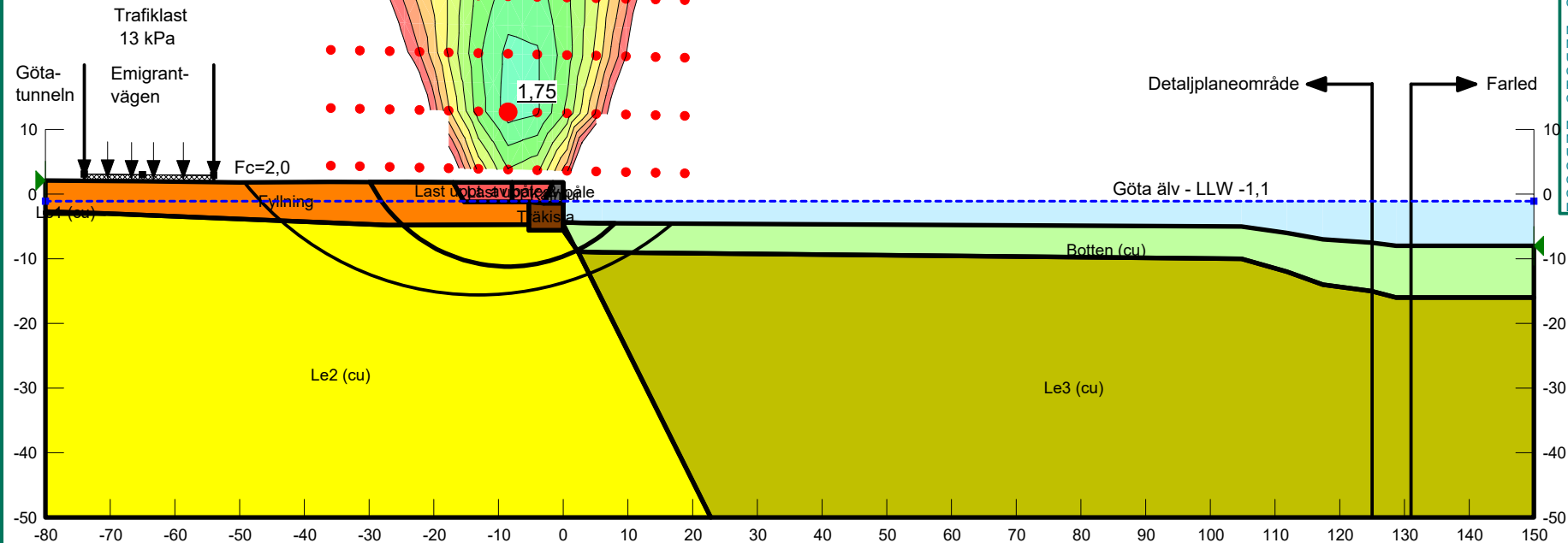
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Glidtyor: Grid and Radius, Left to Right

Senast sparad: 2015-05-26; 15:06:02

G:\Projekt\2014\1470160-Dp_Järnvågsgatan_Gbg\12_BeräkningsBefintliga förhållanden\Sek3\3.gzd



BILAGA

SKALA

1:1000

JORDLAGER OCH MATERIALPARAMETRAR

Name: Le1 (cu)
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 17 kPa

Name: Le2 (cu)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 17 kPa
C-Rate of Change: 1,4 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Datum (Elevation): -3 m

Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 32 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³

Name: Botten (cu)
Model: S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Top of Layer: 5 kPa
C-Rate of Change: 3 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa

Name: Träkista
Model: High Strength
Unit Weight: 15 kN/m³

Name: Kajmur
Model: High Strength
Unit Weight: 22 kN/m³

Name: Last uppt. av påle
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 37 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 0,001 kN/m³

Name: Last uppt. av påle 2
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 37 °
Constant Unit Wt. Above Water Table: 5 kN/m³

Name: Le3 (cu)
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 16 kN/m³
C-Datum: 25,4 kPa
C-Rate of Change: 1,4 (kN/m²)/m
C-Maximum: 0 kPa
Datum (Elevation): -14 m



Järnvågen

SKEDE

Befintliga förhållanden

SEKTION

Sektion 3

ANALYSIS

Kombinerad analys

BESKRIVNING

*

UPPDRAAG

Dp Järnvågsgatan

UPPDRAKSNUMMÉR

1451220160

RESTĂILARE

Älvstranden Utveckling AB

ANAL YSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys

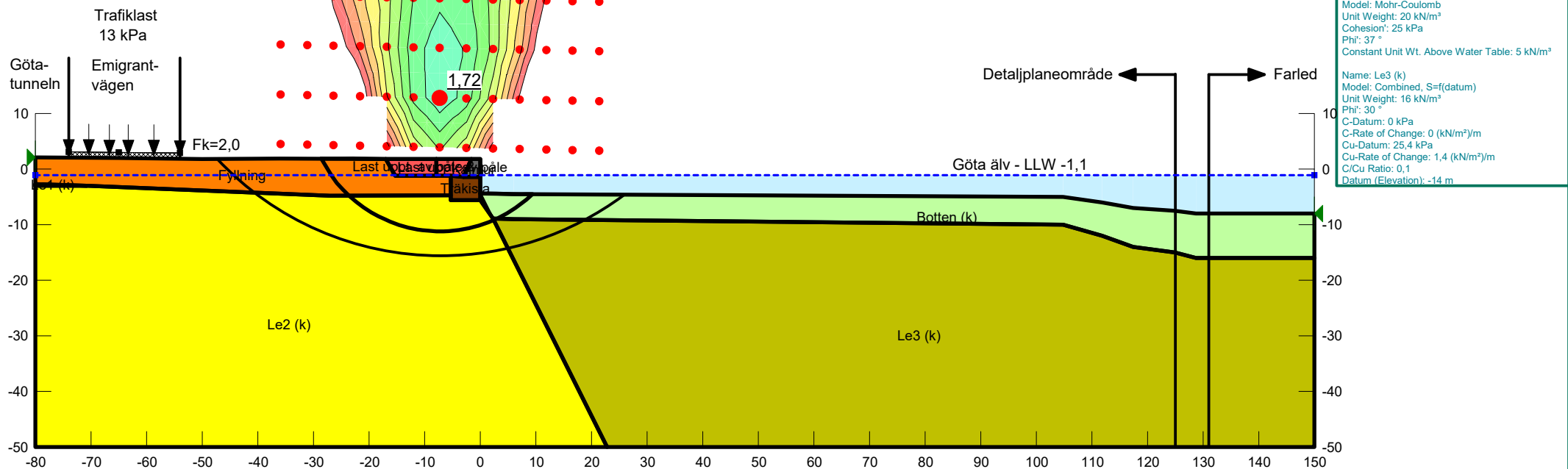
Analystyp: Totalsakerhetsanalys
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Glidytor: Grid and Radius, Left to Right

Senast sparad: 2015-05-26; 15:06:02

G:\Projekt\2014\1470160-Dp Jämvägsplan. Gb\12 Beräkn\Befintliga förhållanden\Sekt3.qsz



OBJEKT

Järnvågen

SKED

Befintliga förhållanden

SEKTION

Sektion 4

ANALYS

Odränerad analys

BESKRIVNING

*

UPPDAG

Dp Järnvågsgatan

UPPDRAGSNUMMER

1451220160

BESTÄLLARE

Älvstranden Utveckling AB

ANAL YSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys

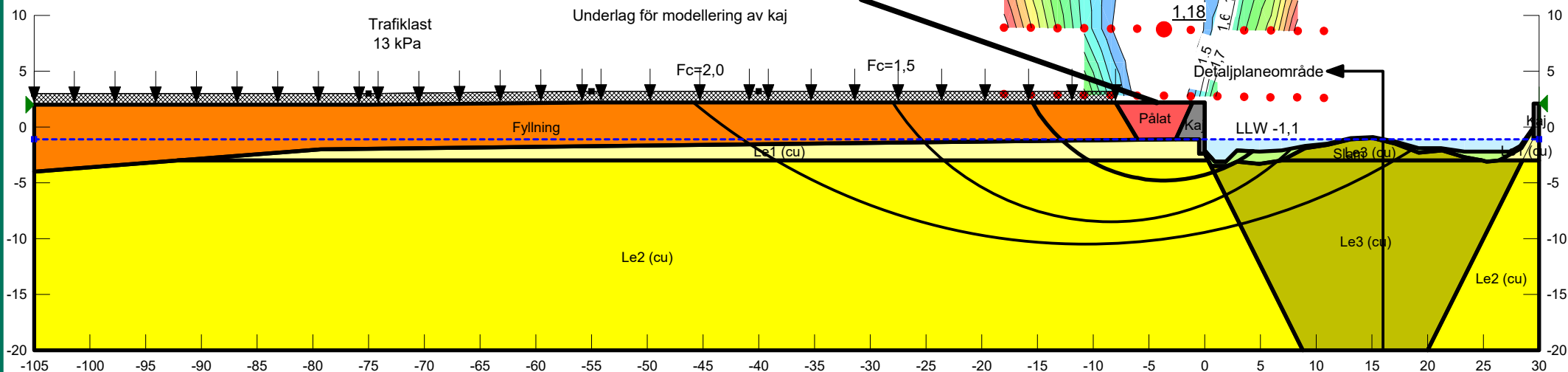
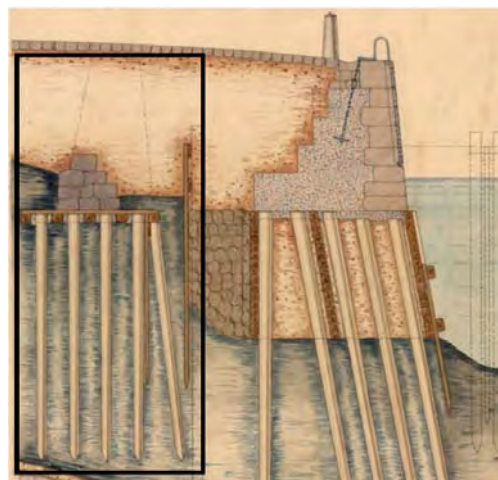
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Grid and Radius. Left to Right

Senast sparad: 2015-05-26: 15:15:16

G:\Projekt\2014\1470160-Dp Järnvägsgatan, Gbg\12_Beräkn\Befintliga förhållanden\Sekt4.gsz



OBJEKT

Järnvågen

SKEDE

Befintliga förhållanden

SEKTION

Sektion 4

ANALYSIS

Kombinerad analys

BESKRIVNING

*

UPPDRAAG

Dp Järnvågsgatan

UPPDRAGSNUMMER

1451220160

BESTÄLLARE

Älvstranden Utveckling AB

ANAL YSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys

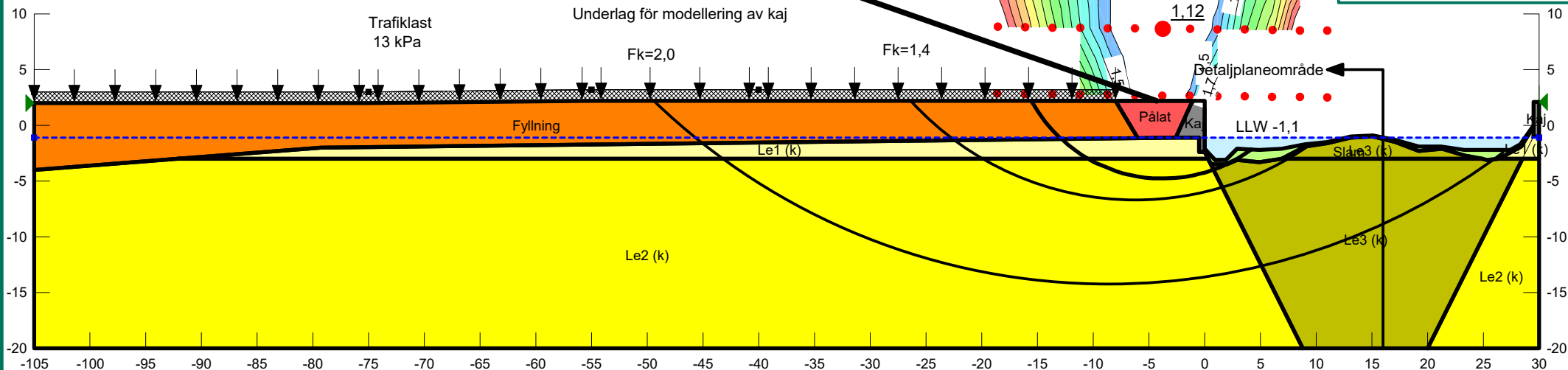
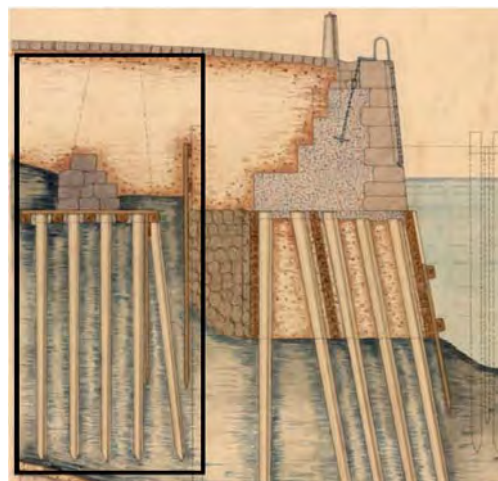
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Glidytor: Grid and Radius, Left to Right

Senast sparad: 2015-05-26; 15:15:16

G:\Projekt\2014\1470160-Dp Järnvägsgatan, Gbg\12_Beräkn\Befintliga förhållanden\Sek14.gsz





SKEDE

SEKTION

ANALYSIS

BESKRIVNING

*

UPPDRAAG

UPPDRAGSNUMMER

1451220160

BESTÄLLARE

ANAL YSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys

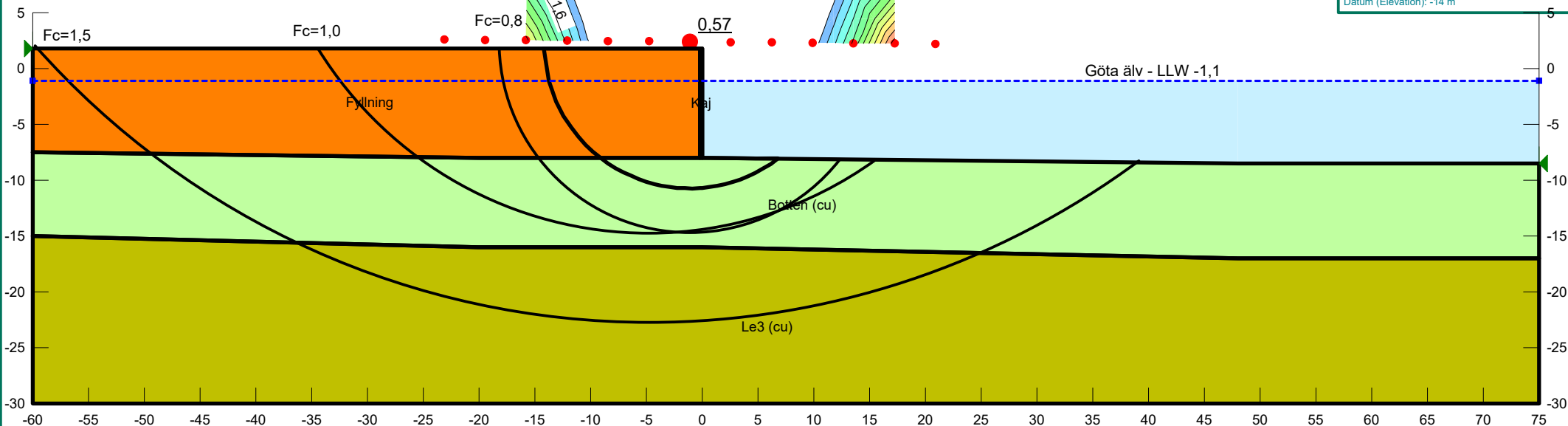
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)

GW & portryck: Piezometric Line

Glidytor: Grid and Radius, Left to Right

Senast sparad: 2015-05-26; 13:18:41

G:\Projekt\2014\1470160-Dp Järnvägsgränd, Gbg\12_Beräkn\Detailplan\Sekt7_dp.gsz



BILAGA

SKALA

1:500

JORDLAGER OCH MATERIALPARAMETRAR

Name: Fyllning

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m^3

Cohesion': 0 kPa

Phi': 32 °

Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m^3

Name: Botten (cu)

Model: $S=f(\text{depth})$ Unit Weight: 16 kN/m^3

C-Top of Layer: 5 kPa

C-Rate of Change: $3 \text{ (kN/m}^2\text{)/m}$

C-Maximum: 0 kPa

Name: Kaj

Model: High Strength

Unit Weight: 20 kN/m³

Name: Le3 (cu)

Model: $S=f(\text{datum})$ Unit Weight: 16 kN/m^3

C-Datum: 25,4 kPa

C-Rate of Change: 1,4 (kN/m²)/m

C-Maximum: 0 kPa

Datum (Elevation): -14 m



OBJEKT

Järnvågen

SKEDE

Utfyllnad, oförstärkt

SEKTION

ANALYS

Kombinerad analys

BESKRIVNING

*

UPPDRAG

Dp Järnvågsgatan

UPPDRAGSNUMMER

1451220160

BESTÄLLARE

Älvstranden Utveckling AB

ANALYSDATA

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Glidtyr: Grid and Radius, Left to Right
Senast sparad: 2015-05-26; 13:18:41
G:\Projekt\2014\1470160-Dp Järnvågsgatan, Gögl\12_Beräkni\Detailplan\Sek17_dp.gsz

Järnvågen

Utfyllnad, oförstärkt

Kombinerad analys

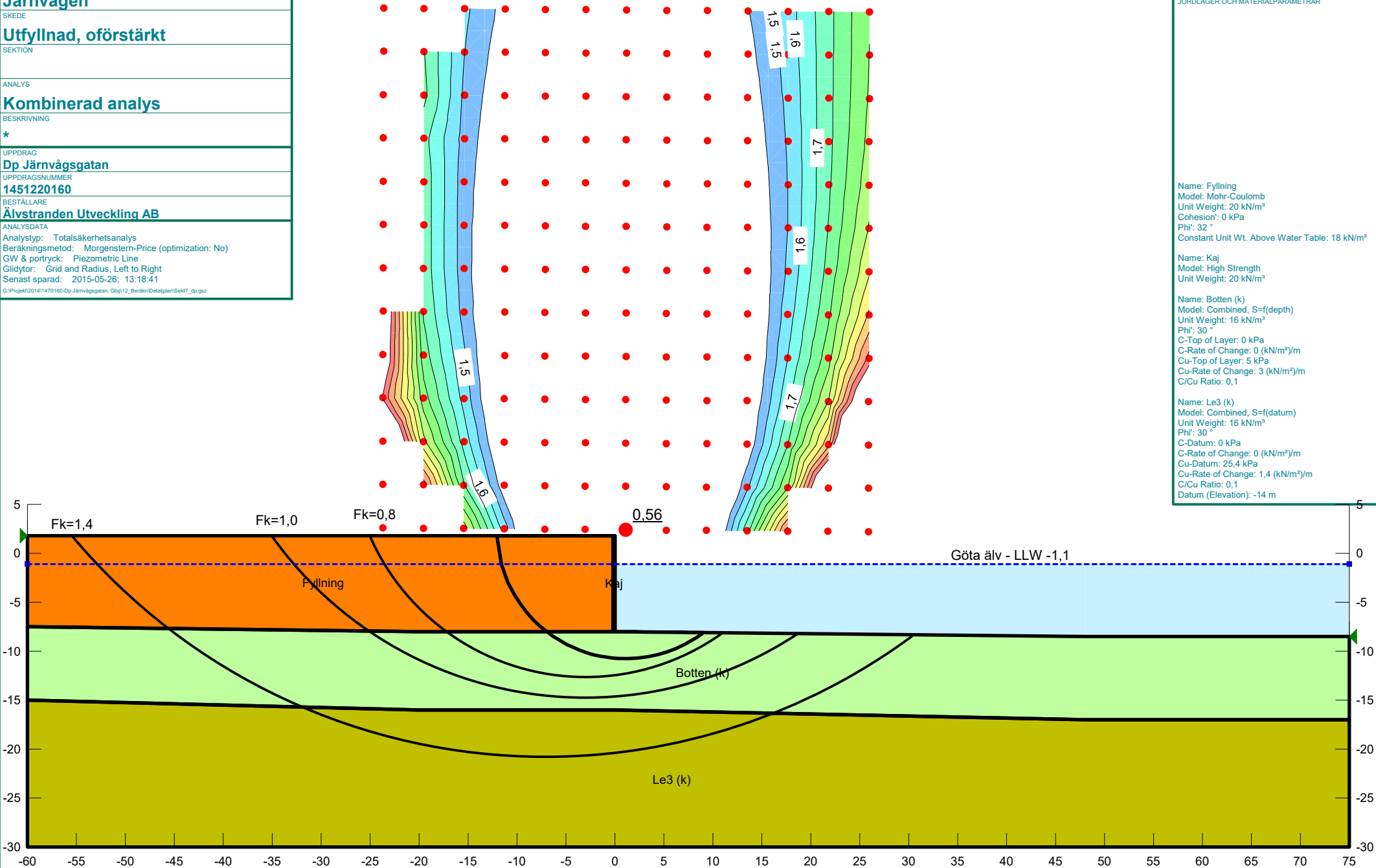
Dp Järnvågsgatan

UPPDRAGSNUMMER

Älvstranden Utveckling AB

Analystyp: Totalsäkerhetsanalys
Beräkningsmetod: Morgenstern-Price (optimization: No)
GW & portryck: Piezometric Line
Glidtyr: Grid and Radius, Left to Right
Senast sparad: 2015-05-26; 13:18:41

G:\Projekt\2014\1470160-Dp Järnvågsgatan, Gögl\12_Beräkni\Detailplan\Sek17_dp.gsz



BILAGA
SKALA
1:500
JORDLAGER OCH MATERIALPARAMETRAR
Name: Fyllning Model: Mohr-Coulomb Unit Weight: 20 kN/m³ Cohesion: 0 kPa Phi: 32 ° Constant Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Name: Kaj Model: High Strength Unit Weight: 20 kN/m³
Name: Botten (k) Model: Combined, S=f(depth) Unit Weight: 16 kN/m³ Phi: 30 ° C-Top of Layer: 0 kPa C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m Cu-Top of Layer: 5 kPa Cu-Rate of Change: 3 (kN/m²)/m C/Cu Ratio: 0,1
Name: Le3 (k) Model: Combined, S=f(datum) Unit Weight: 16 kN/m³ Phi: 30 ° C-Datum: 0 kPa C-Rate of Change: 0 (kN/m²)/m Cu-Datum: 25,4 kPa Cu-Rate of Change: 1,4 (kN/m²)/m C/Cu Ratio: 0,1 Datum (Elevation): -14 m

Golder Associates är en global medarbetarägd organisation med över 50 års erfarenhet, som i sin rådgivning verkar för att använda jordens möjligheter utan att påverka dess integritet. Vi tillhandahåller kostnadseffektiva lösningar som hjälper våra kunder att nå sina mål inom hållbar samhällsutveckling genom oberoende rådgivning, design och konstruktionslösningar inom våra specialtområden miljö, jord, berg och vatten.

För mer information, besök golder.com

Afrika	+ 27 11 254 4800
Asien	+ 86 21 6258 5522
Europa	+ 44 1628 851851
Oceanien	+ 61 3 8862 3500
Nordamerika	+ 1 800 275 3281
Sydamerika	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates AB
Lilla Bommen 6
411 04 Göteborg
Sverige
T: 031-700 82 30





FINAL DRAFT v2

Till Sweco Civil AB

Box 1094

SE-405 23 Göteborg.

För

Södra Älvstranden utveckling AB

Projekt Järnvågsgatan, Göteborg

Vattenverksamhet

Referens:

Javad Homayoun, 031 627531, 073 4122531, javad.homayoun@sweco.se

Svante Roupé, 031627680, 0734122680, svante.roupe@sweco.se

SWECO uppdragsnummer: 2342863

RAPPORT

Datum:

2015-12-20

SSPA Rapport Nr.:

RE20115916-02-00-A

Projektleddare:

Björn Forsman

bjorn.forsman@sspa.se

031 772 9059

Författare:

Björn Forsman

Maritim riskbedömning för utvecklingsprojekt Järnvågen med vattenverksamhet och ny DP för södra Älvstranden mellan Rosenlundskanalen och kajplatserna 22-24

Med anledning av de planerade förändringarna av området kring Järnvågsgatan i Göteborg har SSPA Sweden AB fått i uppdrag att genomföra en maritim riskbedömning.

Denna rapport syftar till att belysa och värdera de maritima risker som de förslagna förändringarna kan ge upphov till, samt att ge förslag på hur de uppkomna riskernas omfattning kan minskas genom införande av säkerhetshöjande åtgärder.

Rapporten utgör del av underlagsdokumentation i den pågående tillståndsprövningen, främst vad gäller vattenverksamheten. För projektkomponenter som specifikt rör prövning av vattenverksamheten, används namnet Järnvågen för det aktuella området.

SSPA Sweden AB

SSPA Sweden AB

Johan Algell

Head

Maritime Operations

Björn Forsman

Project Manager

Maritime Operations

SAMMANFATTNING

SWECO Civil AB har gett SSPA Sweden uppdrag att göra en riskbedömning av de sjöfartsrelaterade olycksrisker som kan uppstå då det av Älvstranden Utveckling föreslagna utbyggnadsprojektet Järnvågen har genomförts vid Masthuggskajen. Befintlig sjötrafik i området har analyserats med hjälp av AIS-statistik och har tillsammans med information om olycksstatistik diskuterats vid ett riskidentifieringsmöte med erfaren expertis.

Utbyggnaden innebär att kajer, nya byggnader och tilläggsplatser för kollektivtrafikfärjor flyttas ut närmare farleden och medför att delar av anläggningarna kan exponeras för påseglingsrisk samt att förutsättningarna för angöring och avgång från kajplatserna vid Masthuggskajen väster om Järnvågen kan påverkas. Utbyggnaden planeras ske efter det att det pågående utbyggnadsprojektet vid Skeppsbron öster om Järnvågen har färdigställts.

Karaktär och omfattning av framtida sjötrafik kring Järnvågen är i hög grad beroende av vilka beslut som tas om framtiden för Göta älv och slussarna i Trollhättan. Om nya slussar öppnas i Trollhättan 2030 väntas fartygstrafiken och fartygsstorlekar öka men om dagens slussar inte ersätts väntas trafiken förbi Järnvågen minska drastiskt.

Sannolikheter för olika påseglingsscenarier har uppskattats och grova konsekvensbedömningar har använts för att identifiera vilka delar och områden av Järnvågs-utbyggnaden som bör prioriteras vad avser påseglingsskyddande åtgärder.

Västra, norra och östra kajsidan av Järnvågen har analyserats separat.

Dimensionerande påseglingsscenarion har identifierats som vinkelrät påsegling av Stena Jutlandica mot västra kajen och vinkelrät påsegling av östra kajen med fartyg av SurteMax-storlek. För norra kajen bedöms sannolikheten för vinkelrät påsegling med stora fartyg vara liten men påsegling under flackare vinkel kan ske med fartyg upp till SurteMax-storlek. Förslag till möjliga riskreducerande åtgärder presenterats.

Realtidssimuleringar har genomförts för att utreda hur den föreslagna utbyggnaden av Järnvågen kan väntas påverka manöverförutsättningarna vid Masthuggskajen väster om Järnvågen och vilka påseglingsscenarier som kan aktualiseras.

Eftersom kajerna avses konstrueras med utsida av stålspont kommer de att kunna ge ett gott skydd mot inträngning vid eventuella fartygpåseglingar. Systematiska beräkningar av påseglingsslaster från dimensionerande fartygsstorlekar vid olika hastigheter och vinklar har utförts för de tre respektive kajsidorna. Sannolikhetsberäkningar för påseglingsscenarier och konsekvensberäkningar av möjliga inträngningsdjup visar att endast en av de skisserade byggnaderna är otillräckligt skyddad mot direkt fasadkontakt vid påsegling. För denna byggnad påkallas därför någon form av påseglingsskyddande åtgärder.

Sammanvägning av rekommendationer angående kajkonstruktion, påseglingsskydd och operationella åtgärder visar att den föreslagna utbyggnaden av Järnvågen kan genomföras så att högt ställda säkerhetskrav kan tillgodoses i dag samt även vid en förväntad framtida ökning av sjötrafiken i älven.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Genomförande	5
1.4 Avgrensningar	6
1.5 Metodik	6
1.5.1 Maritima riskutredningar	6
1.5.2 Riskbegreppet	8
1.5.3 Riskterminologi	9
2 OMRÅDESBESKRIVNING	11
2.1 Göteborgs hamn och farled	11
2.2 Sjötrafik	12
2.2.1 Fartygspassager förbi Göta älv bron 2006 -2011	13
2.2.2 AIS analys av trafikerande tonnage 2014	14
2.2.3 Fartygens medelhastighet	17
2.2.4 Passerande trafik – svepta ytor	18
2.3 Olyckshistorik	20
2.4 Klimat och miljö	22
2.4.1 Vindförhållanden	22
2.4.2 Vågor och strömmar	22
2.4.3 Isförhållanden	23
2.5 Utvecklingsplaner	23
2.6 Alternativ	23
2.7 Framtida förändringar	24
2.7.1 Göta älv brons ersätts av Hisingsbron	24
2.7.2 Slussarna i Trollhättan	24
2.7.3 Frihamnsområdet	25
2.7.4 Flytdockan, fd Damen varsområde	26
2.8 Trafikscenarier för riskanalys	26
3 RISKIDENTIFIERING	28
3.1 Riskidentifiering Skeppsbron	28
3.2 Kompletterande riskidentifieringsmöte för Järnvågen	29
3.3 Identifierade faror och möjliga olycksscenario	29

4	RISKANALYS	31
4.1	Påsegling av Järnvågens kajer av passerande handelsfartyg	31
4.1.1	Numerisk uppskattning av sannolikhet för påsegling av Järnvågen	33
4.2	Påsegling vid ankomst eller avgång från kajplats 24-25	35
4.2.1	Resultat av manöversimuleringar Stena Jutlandica vid kajplats 24-25	35
4.2.2	Sannolikhet för påsegling	35
4.3	Konsekvenser av påsegling av passerande fartyg och vid ankomst eller avgång från kajplats 24-25	36
4.3.1	Konsekvenser av möjliga påseglingsscenarier	36
4.3.2	Beräkning av påseglingsskrafter och kajinträngning vid påsegling	37
4.4	Kollisioner och andra fartygsolyckor i Järnvågens närhet.....	45
4.4.1	Kollision mellan passagerarfärja i kollektivtrafik och passerande älvfartyg	45
4.4.2	Kollisions- eller brandolyckor med fartyg lastade med farligt gods mm	46
4.4.3	Kollisionsolyckor mellan färjor i kollektivtrafik	46
4.4.4	Kollisionsolyckor med turistbåtar	46
4.4.5	Inverkan av skymd sikt och bländande belysning.....	47
4.5	Fritidsbåtarnas påverkan på riskbilden.....	47
4.6	Indirekta risker	47
5	RISKVÄRDERING	48
5.1	Kriterier.....	50
5.2	Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys	50
6	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	52
6.1	Kajnära bostadsbyggnader	52
6.1.1	Särskilt exponerad hörnbyggnad vid östra kajen	52
6.2	Övriga riskreducerande åtgärder mot påsegling och kollisioner	53
6.2.1	Påsegling av tilläggsplats för Älvsnabbare	53
6.2.2	Kollision mellan passagerarfärja i kollektivtrafik och passerande älvfartyg	53
6.2.3	Inverkan av skymd sikt och bländande belysning.....	54
6.3	Indirekta risker	54
7	RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER.....	55
7.1	Skydd av kajnära byggnader	55
7.2	Operationella aspekter och rekommenderade åtgärder	55
7.3	Sammanvägd riskbedömning	56
8	REFERENCES.....	57

APPENDIX 1 HAZID-FORMULÄR OCH TILLÄGG ANG OLJEBÅT SKEPPSBRON	59
APPENDIX 2 EXCELARK FÖR BERÄKNING AV PÅSEGLINGSSANNOLIKHET	65

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Omfattande förändringar av området vid Järnvågen planeras. Förändringar av området Skeppsbron planeras också och sammantaget kan dessa förändringar komma att påverka risken för påseglingar av pirar, bryggor, kajer samt kontors- och bostadshus från passerande fartyg. Analys av påseglingsrisken utgör ett viktigt delunderlag för en helhetsbedömning av risk- och säkerhetsfrågor för det planerade projektet.

Ur sjösäkerhetssynpunkt är det också angeläget med analyser om och hur sjöfarten kan påverkas när tillgängliga manöverutrymmen begränsas pga. att sjötrafiken koncentreras. Även risker för indirekt påverkan av sjöfartens förutsättningar, kan vara betydelsefulla. Exempelvis kan eventuella inskränkningar och restriktioner som påkallas för att minska risker och olägenheter för verksamheter i planerade byggnader och kajområden, vara viktiga att undersöka vid anläggningar i närheten av riksintressanta farleder och hamnar.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att tillhandahålla ett objektivet underlag för bedömning och värdering av maritimt relaterade risker som kan vara förenade med planerade förändringar.

Dokumentationen skall även kunna användas för att kommunicera risk- och säkerhetsaspekter med berörda externa myndigheter och övriga intressenter under samrådsprocessen. Rapporten utformas därför för att täcka aspekter av maritimt förknippade risker under driftsfasen, samt för att täcka formella krav som kan förväntas ställas från tillsynsmyndigheter och Mark- och miljödomstolen.

1.3 Genomförande

Projektet genomförs i nära samarbete med kunden, lokal nautisk expertis, kravställande myndigheter och övriga intressenter, för att säkerställa att kvalitetskraven uppfylls. Baserat på resultat från riskanalysprocessen sammanställs därefter en rapport med dokumentation av delmoment, slutsatser och eventuella åtgärdsförslag

Rapportinnehållet har kvalitetssäkrats enligt SSPAs kvalitetssystem baserat på SS-EN ISO 9001. Detta innebär bl.a. att rapporten genomgått en intern granskning.

1.4 Avgränsningar

Studien fokuseras på maritimt relaterade risker för människors hälsa och liv hos dem som vistas i området, för fartygsbesättningar, passagerare och tredje man. Påseglingsrisken av pirar, byggnader och andra anläggningar liksom riskscenarier som kan uppstå till följd av nya användningsområden av kajtor och pirar analyseras.

Ny typ av sjötrafik och båtar i området kan också ge konflikter med befintlig trafik och leda till nya risker i området. Riskbedömningen fokuseras mot driftsfasen eftersom etappindelning, byggnadsmetoder mm ännu inte är planerade eller kända.

Byggstart förväntas ske 2017, planerat färdigställande är 2025. Då Järnvågsprojektet färdigställts förutsätts även de nu påbörjade utbyggnadsprojekten av Skeppsbron vara genomförda. Den stora flytdockan på varvsområdet norr om Järnvågen kommer att flyttas, men tidsplanen för sanering av botten kring dockan är inte klar och därmed inte heller förutsättningarna för framtid sjöfart i detta område. Av denna anledning förutsätts därför i riskanalysen att dockan finnas kvar på sin ursprungliga plats.

Den framtida sjötrafikutvecklingen i området vid Järnvågen kan inte förutses i detalj och är i hög grad beroende av vilket beslut som tas angående slussarna i Trollhättan. Om de ersätts av nya slussar 2030 väntas trafiken öka i antal och fartygsstorlek men om dagens slussled inte ersätts väntas trafiken minska drastiskt. Nya slussar och ökad trafik är utgångspunkt för de riskbedömningar som görs.

Riskbedömningen utförs i tillämpliga delar enligt den av IMO rekommenderade FSA metodiken. Metodiken följer även ISO standard 3100 och 31010 där så bedöms vara möjligt.

1.5 Metodik

1.5.1 Maritima riskutredningar

Maritima riskanalyser utförs ofta enligt en metodik som kallas *Formal Safety Assessment*, som tagits fram och introducerats av IMO (International Maritime Organization). Metoden är en proaktiv process, som ska fungera som ett stöd i beslutsfattandeprocessen. FSA-processen ska adressera en specifik kategori av fartyg eller navigationsområde, och kan också användas för en specifik maritim säkerhetsaktivitet eller -verksamhet för att identifiera lämpliga och effektiva säkerhetsåtgärder.

FSA innehåller fem steg:

1. Hazard Identification (Hazid) – en lista över möjliga olycksscenario tas fram

2. Riskanalys – sannolikheter och konsekvenser diskuteras och analyseras
3. Riskreducerande åtgärder
4. Kostnads-nyttoanalys
5. Rekommendationer

För den typ av verksamhet som är aktuell i denna rapport används vanligen en metodik som delvis bygger på FSA men där kostnads-nyttoanalysen utlämnats, då denna vanligen sker inom andra delar av projektet, se Figur 1.1.

Riskanalysen genomförs för den utpekade lokaliseringen och identifierade risker jämförs med rådande risker för nollalternativet. Maritima risker för nollalternativet (ingen etablering) utreds dock inte i detalj och för det aktuella etableringsalternativet fokuseras på tillkommande risker och skillnader jämfört med den befintliga risksituationen.

I det aktuella fallet har ingen fullständig ny formell Hazid genomförts. Istället har en kompletterande lokal anpassning av riskriskidentifieringen som genomfördes i samband med riskbedömningen för Skeppsbron genomförts och dokumenterats vid en workshop med relevanta intressenter och expertis.

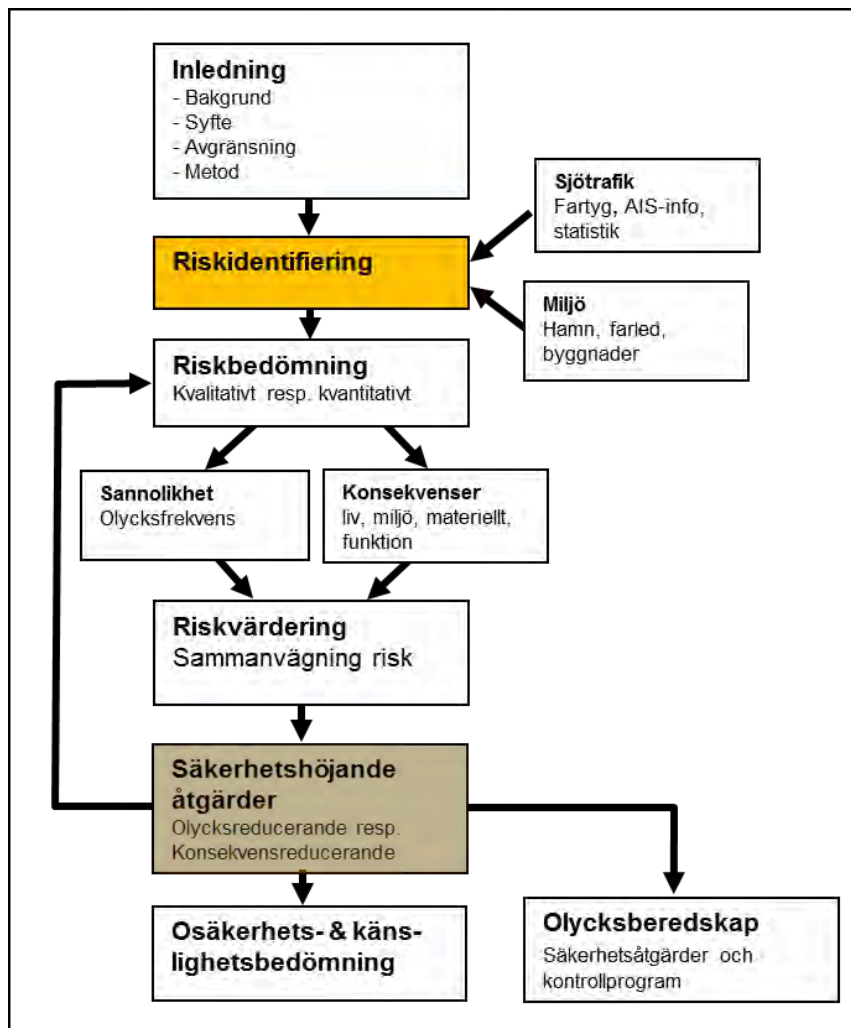
Den lokala anpassningen innefattar att sjötrafikstråk identifieras och dess flöden uppskattas. För att ge underlag till kollisionsfrekvenser görs en studie av fartygsrörelser i närområdet. Med hjälp av utdata från trafikanalysen tas ett sannolikt trafikscenario fram och utifrån detta bedöms risken för påseglingsolyckor.

Identifierade risker bedöms och jämförs utifrån definitionen att risken utgör en sammanvägning av sannolikheten för en olyckstyp och omfattningen av dess konsekvenser.

Konsekvenser av de tänkbara olycksscenarierna beskrivs i denna rapport främst i kvalitativa termer, och för en kvantitativ uppskattning av effekterna av en eventuell påsegling krävs mer detaljerade uppgifter om de slutliga konstruktionerna.

Då några officiella riskacceptanskriterier för sjöfart i Sverige inte existerar görs istället en jämförande riskvärdering där karakteristiska riskparametrar och risknivån i föreliggande studie jämförs kvalitativt med risknivåerna för några motsvarande områden för vilka sådan information finns tillgänglig.

Studien omfattar även förslag till säkerhetshöjande åtgärder, såväl olycksreducerande åtgärder som konsekvensreducerande åtgärder. Underlag och metodik för studien har granskats med avseende på osäkerhet och noggrannhet.



Figur 1.1. Metodiken som används vid riskutredningar.

1.5.2 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. 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 skada 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 olycka inträffar och konsekvenserna av olyckan, kan ett antal olika olycksscenarioer analyseras och grafiskt representeras i en riskmatris enligt figuren nedan.

Sannolikhet	Hög			
	Mellan			
	Låg			
		Låg	Mellan	Hög
		Konsekvens		

Figur 1.2. Exempel på riskmatris.

I den aktuella studien är det främst olycksscenarioet att ett passerande fartyg girar till en kurs så att kajanläggningar och båtar kan påseglas och skadas, som identifierats som en specifik fara för projektet.

Sannolikheten för en viss oönskad händelse, exempelvis en påsegling av kajanläggningarna, 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.

1.5.3 Riskterminologi

Vid riskbedömningar och analyser används ett flertal ord och specialtermer med särskild betydelse. Definitionerna nedan är ett urval.

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.

Riskkälla - 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 – (eller 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.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 Göteborgs hamn och farled

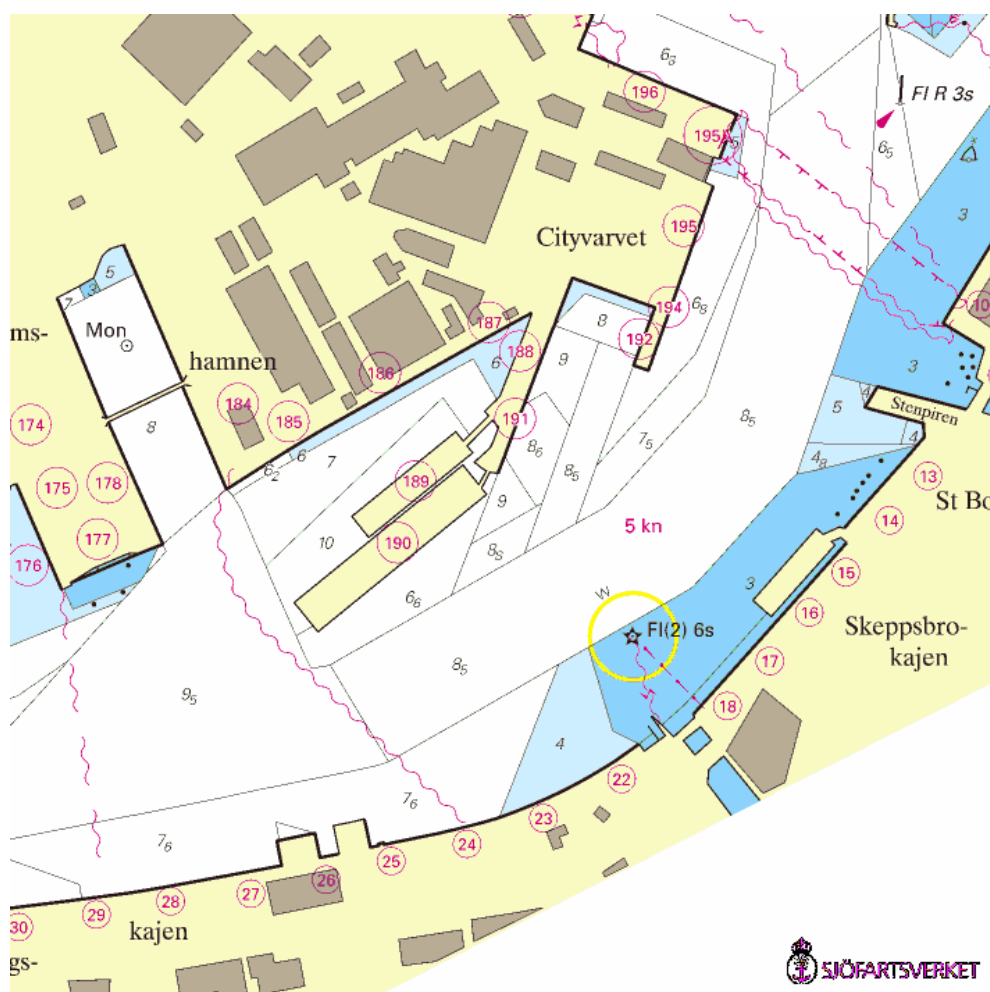


Figur 2.1. Flygbild över Göteborg med området kring Järnvågen inringat.

Göteborgs hamn har hög frekvens på färje- passagerartrafik vilket medför ett värdefullt fraktkomplement och ökning av det totala godsflödet. Färjetrafiken lägger till i innerhamnarna, nära de centrala delarna av Göteborg. Det erbjuds även hantering av rullande last i fem terminaler. Fartyg inom närsjöfart samt oceangående ro/ro-trafik anlöper också Göteborgs Hamn.

Totalt finns 151 kajplatser. Största vattendjupet vid kaj är 20,5 meter (vid container- och ro/ro-terminalen är djupet 14,2 meter och vid innerhamnskajerna 8 meter). Max fartygslängd i farleder till Göteborgs hamn är 400 meter.

I det aktuella området mellan Masthuggskajen och varvsområdet på norra sidan är farledsbredden ca 130 m och har en krökningsradie om ca 800 m. I förhållande till den största fartygsbredden, $B=13$ m, som idag tillåts passera Trollhätte kanal via Göta älv och det aktuella farledsavsnittet motsvarar farledsbredden 10 B . Vattendjupet D , i det aktuella farledsområdet är enligt sjökortet ca 8,5 m (se Figur 2.2) och max djupgående T , på det tonnage som passerar Trollhätte kanal är 5,4 m. Dvs förhållandet mellan det största djupgående T och vattendjup D är 1,6. Farledsavsnittet trafikeras idag även av passerande fartyg som är större än Trollhätte kanal-max såsom exempelvis kryssningsfartyg till Frihamnsbassängen.



Figur 2.2. Sjökort över det aktuella området. Utbyggnad Järnvågen planeras ske vid kajplats 22 och 23.

2.2 Sjötrafik

Inom det aktuella planområdet ligger hållplatsen Rosenlund som idag trafikeras av såväl Älvsnabben (Linje 285) som Älvsnabbare (Linje 286). Detta medför att sjötrafiken i området domineras av passagerartrafik. Älvsnabbare som sedan 2015 trafikerar sträckan Rosenlund – Lindholmspiren med två nya skyttelfärjor, har en turtäthet på var 6:e minut under högtrafik. Älvsnabben trafikerar sträckan Lilla Bommen - Rosenlund - Lindholmspiren - Slottsberget - Eriksberg - Klippan och har en turtäthet på var 30:e minut i högtrafik. Det totala antalet anlöp per dygn vid Rosenlund blir därmed över 100 och antalet korsande rutter över farleden blir det dubbla. Huvuddelen av den trafik som idag anlöper Rosenlund planeras dock flyttas till den nya knutpunkten vid Stenpiren.

Utöver passagerarbåttrafiken trafikeras området också av lastfartyg i nordgående (uppåtgående) och sydgående (nedåtgående) i leden till/från Göta älv och Trollhätte kanal.

Under de senaste åren har Göteborgs hamn blivit en alltmer populär destination för kryssningsfartyg och under 2015 förväntades 56 anlöp av kryssningsfartyg till Göteborg. Av dessa angör 12 Frihamnen och orsakar därmed 24 passager i farleden (Göteborgs Hamn, 2015). Ett typiskt kryssningsfartyg till Frihamnen har en längd $L = 193$ m och en bredd $B = 32$ m.

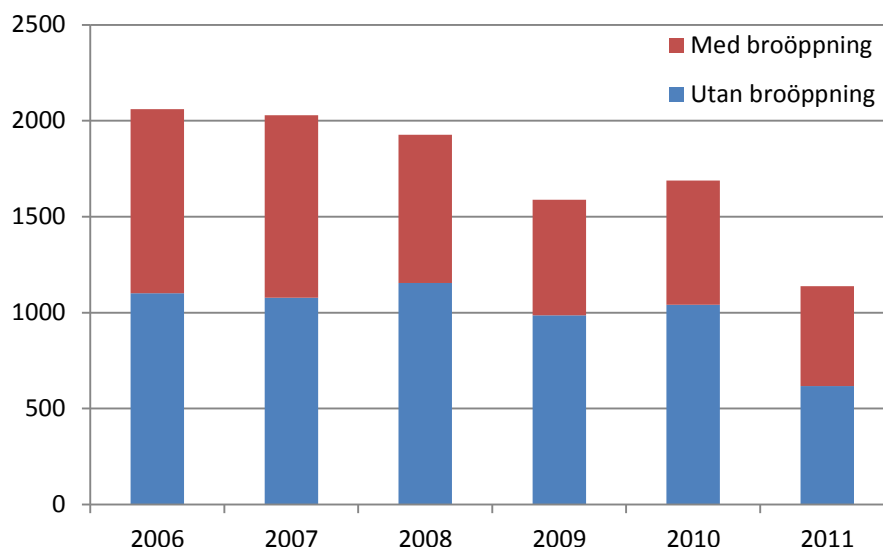
För närvarande har även ett av Kustbevaknings nödbogseringsfartyg (längd $L = 81$ m och en bredd $B = 16$ m) sin kajplats i Frihamnsbassängen. Tidigare bogserades också reparenter till/från varvets kajer och dockor, mitt emot Järnvågen och till Frihamnen. Sedan 2014 har dock varvet lagt ned och reparenter är därför inte att vänta i den framtida sjötrafiken.

Fritidsbåttrafiken i området är intensiv främst under perioden juli-augusti, men de planerade utbyggnaderna av Skeppsbron och Järnvågen väntas inte leda till ökad fritidsbåttrafik området. Antalet fritidsbåtspassager i Trollhätte kanal har stagnerat under senare år men den genomsnittliga fritidsbåtstorleken har ökat markant.

Lilla Bommens gästhamn med ca 100 platser uppströms det aktuella farledsområdet registrerade 2009 ca 4 000 båtnätter. Efterfrågan på centralt belägna båtplatser i Göteborg är hög och enligt detaljplanearbetet för den nya Marieholmsbron planeras exempelvis ytterligare ca 200 båtplatser att anläggas i bassänger i anslutning till den nya bron. Detta kommer då att ytterligare öka intensiteten av fritidsbåttrafiken utanför Järnvågen under sommarmånaderna.

2.2.1 Fartygspassager förbi Göta älv bron 2006 -2011

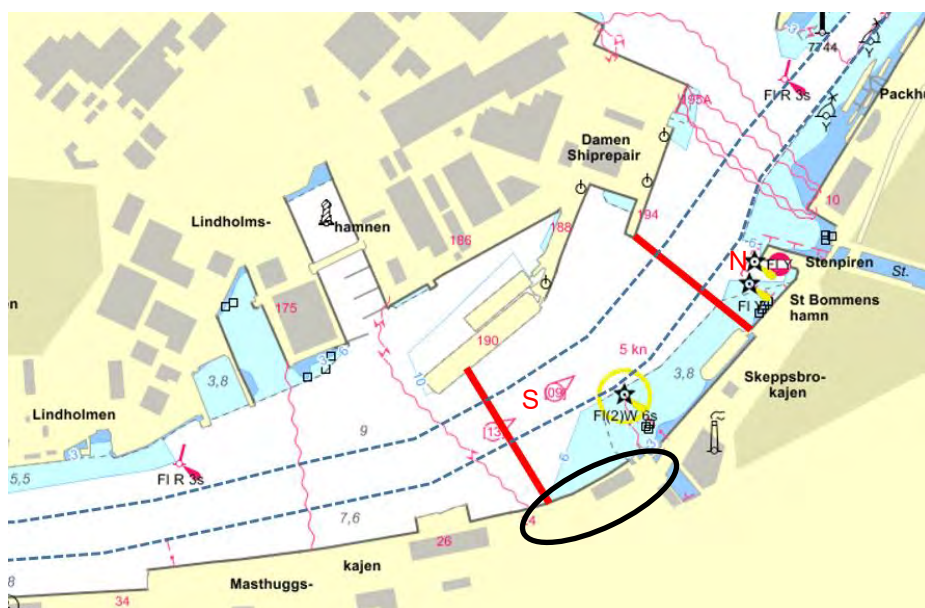
Antalet lastfartyg i älven har minskat sedan 2006. Figur 2.3. visar antalet passager av lastfartyg förbi Göta älv bron för åren 2006 – 2011. Även antalet broöppningar har för samma period minskat.



Figur 2.3. Antal lastfartygspassager förbi Göta älv bron mellan 2006 och 2011 (Källa: Trafikkontoret, Göteborgs Stad).

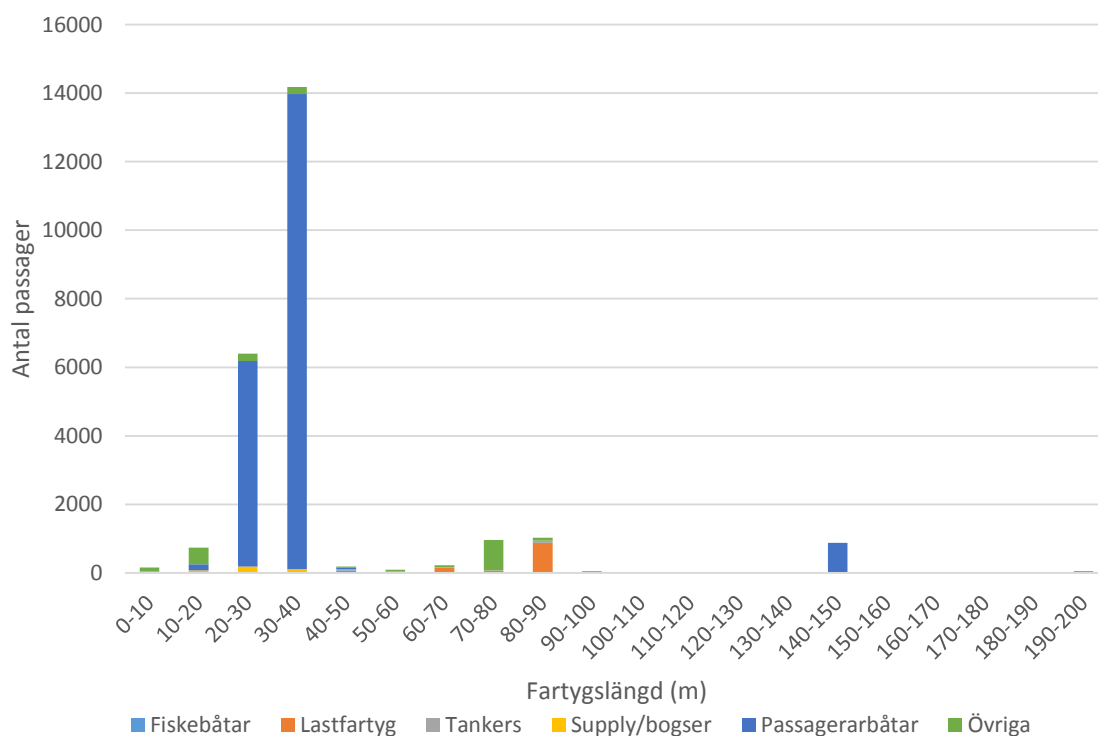
2.2.2 AIS analys av trafikerande tonnage 2014

Många olika fartyg anlöper Göteborgs Hamn. För att få en realistisk översikt över trafiken i passagen har AIS-data från 2014 studerats. Två så kallade passagelinjer har valts, en nordlig, N, uppströms Järnvågen, och en sydlig, S, i den södra delen av området, se Figur 2.4. Lokaliseringen av linjerna innebär att trafiken på linje Älvsnabben passerar de båda sektionerna medan trafiken på Linje 286 Älvsnabbare endast korsar den södra linjen. Den södra passagelinjen är också placerad så att fartygsrörelser till och från Stenas Danmarksterminal inte inkluderas i den studerade AIS-datan.



Figur 2.4. Farledgränser samt passagelinjer där trafiken har uppmätts med hjälp av AIS.

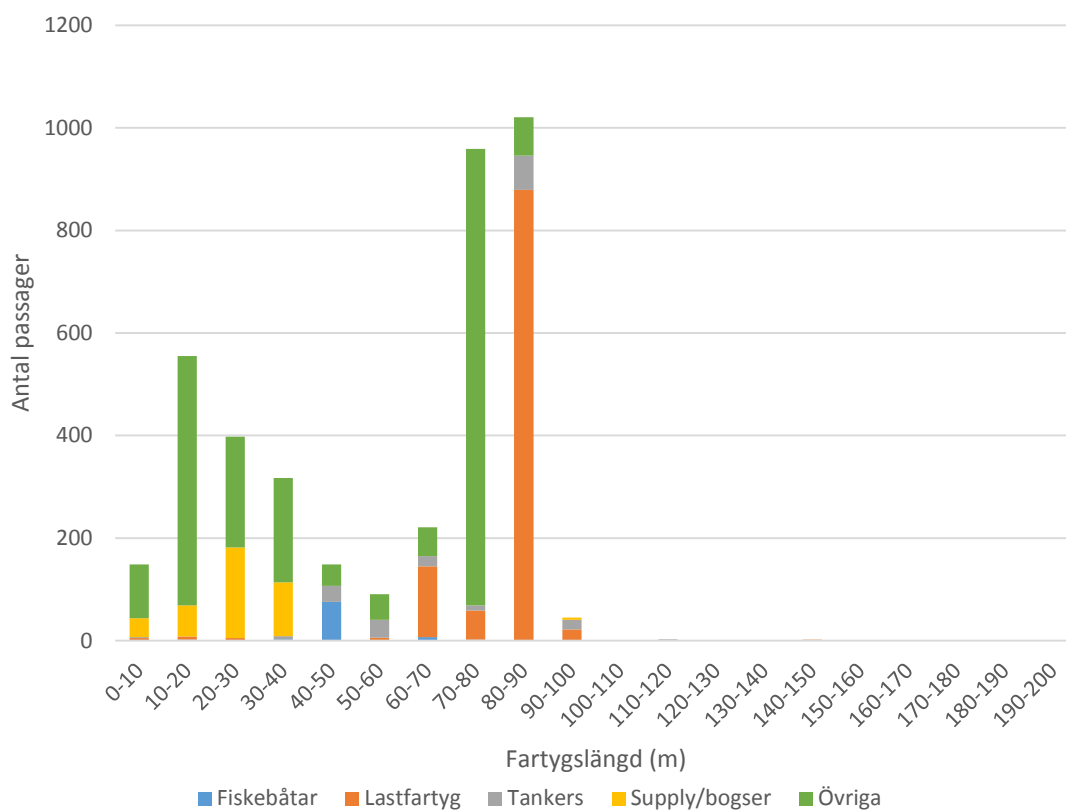
Figur 2.5 visar passager av både uppströms- och nedströmsgående fartyg vid nordliga passagelinjen fördelat på fartygslängd. Det totala antalet passager 2014 var ca 25 000. Som framgår av figuren utgjorde passagerartrafiken en övervägande del, ca 70 % av alla passager. De flesta registrerade passagera härrör av fartyg i storleken 20-30 m. Det största fartyget som passerade var ett 199 m långt kryssningsfartyg.



Figur 2.5. Antal passager vid den nordliga passagelinjen.

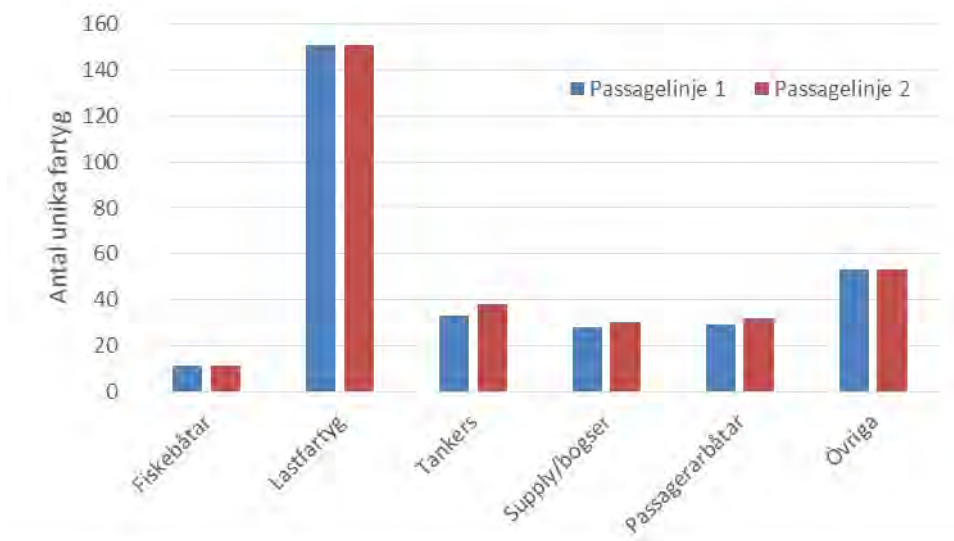
För att studera passager av andra fartyg har passagerarfartyg uteslutits i diagrammet i Figur 2.6. Av detta framgår att den övriga trafiken domineras av lastfartyg och övriga fartyg med längd på mellan 70 och 90 m. Det finns några få i mindre klasser men inga i klassen >150 meter (2 passager av fartyg i storleken 140-150 m). Detta kan antas bero på att de större lastfartygen till Göteborg lägger till utanför den södra gränsen. Av de s.k. övriga med en längd av 70-80 m utgörs de flesta passagera av två olika muddringsfartyg som var verksamma i området under 2014.

Bogser- och bunkerbåtar är oftast små, i klassen 0-25 eller 25-50 meter, men det förekommer även enstaka i större klasser. På samma sätt som för de större lastfartygen antas dessa lägga till innan den södra gränsen.



Figur 2.6. Antal passager vid den nordliga passagelinjen där passagerarbåtar har uteslutits.

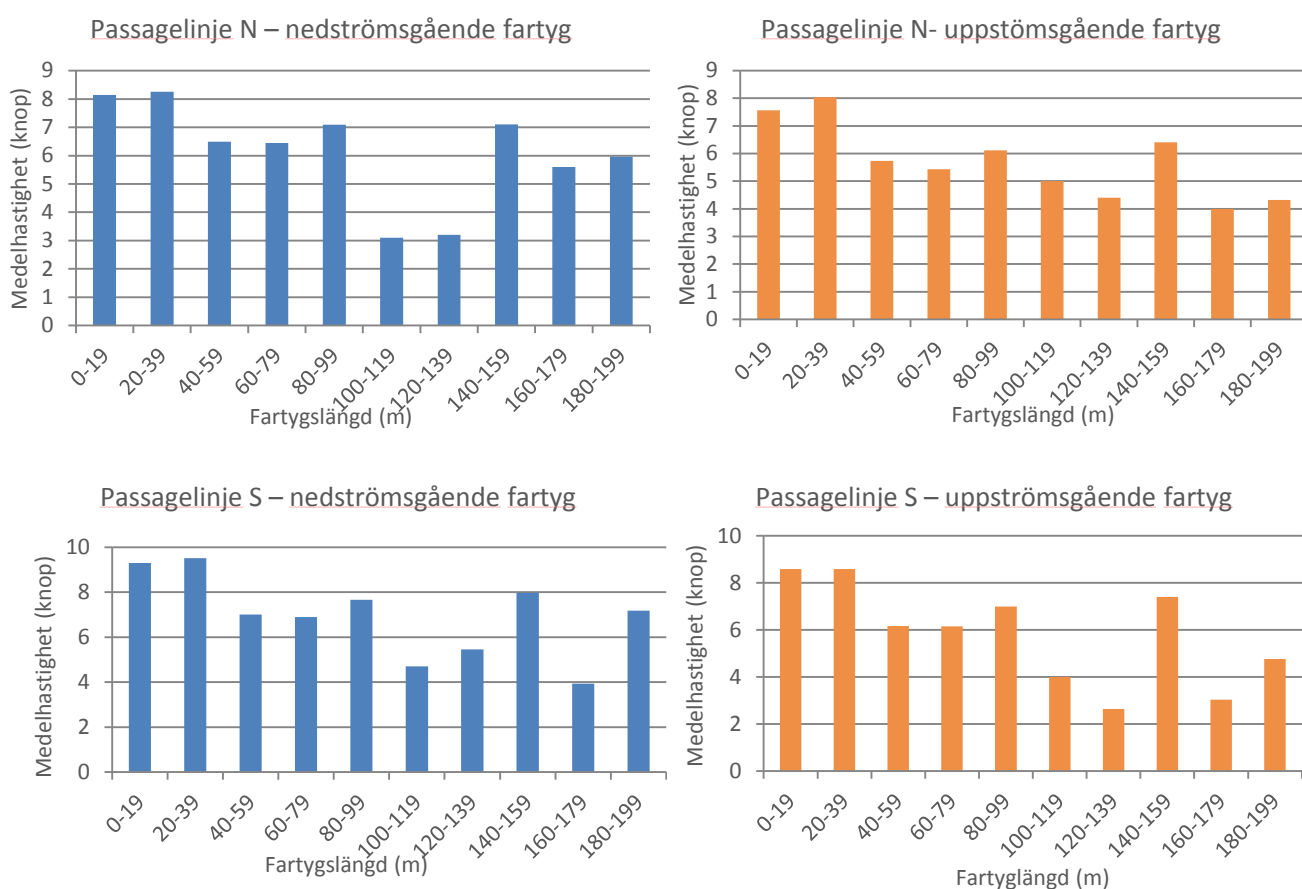
Av Figur 2.7 framgår att de flesta fartygen har passerat både linje 1 och 2. För tankers, supply/bogser- och passagerarbåtar skiljer sig dock antalet unika fartyg något åt. Detta beror på att ett fåtal har lagt till mellan de två passagelinjerna.



Figur 2.7. Antal unika fartyg av varje typ vid passagelinje 1 och 2.

2.2.3 Fartygens medelhastighet

De högsta medelhastigheterna över passagelinjerna uppmäts för de minsta fartygen, 0-19 m och 19-39 m. Detta är gemensamt både för fartygen vid passagelinje 1 och 2 samt för nedströms- såväl som uppströmsgående fartyg, se Figur 2.8. Som framgår av Figur 2.5 omfattas passagerarbåtarna Älvsnabben och Älvsnabbare i längdsegmentet 19-39 m och medelhastigheten i detta segment speglar därmed i första hand dessas hastighet eftersom dessa står för den största delen av alla passager. Av figurerna framgår också att medelhastigheten för fartygen i längdsegmentet 140-159 m är relativt hög. Även i detta fall kan det från Figur 2.5 konstateras att detta längdsegment domineras av passagerarfartyg.



Figur 2.8. Medelhastighet för fartyg som passerat nordlig samt sydligt passagelinje, nedströmsgående alternativt uppströmsgående.

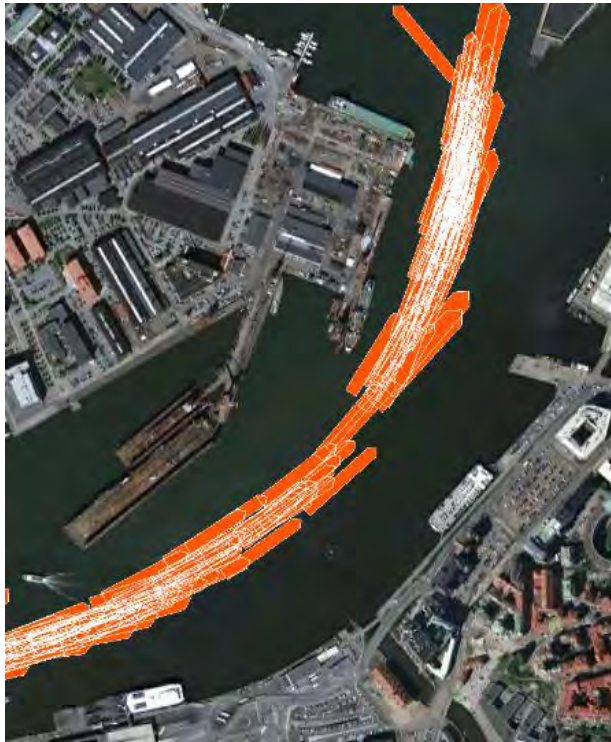
Över den södra passagelinjen håller de nedströmsgående fartygen generellt sett högre hastighet. Över den norra passagelinjen gäller samma samband med undantag för segmenten 100-119 m och 120-139 m. Antalet fartygspassager i dessa segment är dock väldigt få. Att de nedströmsgående fartygen generellt sett håller högre hastighet kan delvis förklaras av att hänsyn måste tas till s.k.

styrkart, det vill säga den lägsta fart relativt vattnet som krävs för att ett fartyg ska lyda roder vid normal gång framåt. Stora passagerarfartyg behöver ofta en högre styrhastighet vilket kan förklara den relativt höga medelhastigheten i segmentet 140-159 m.

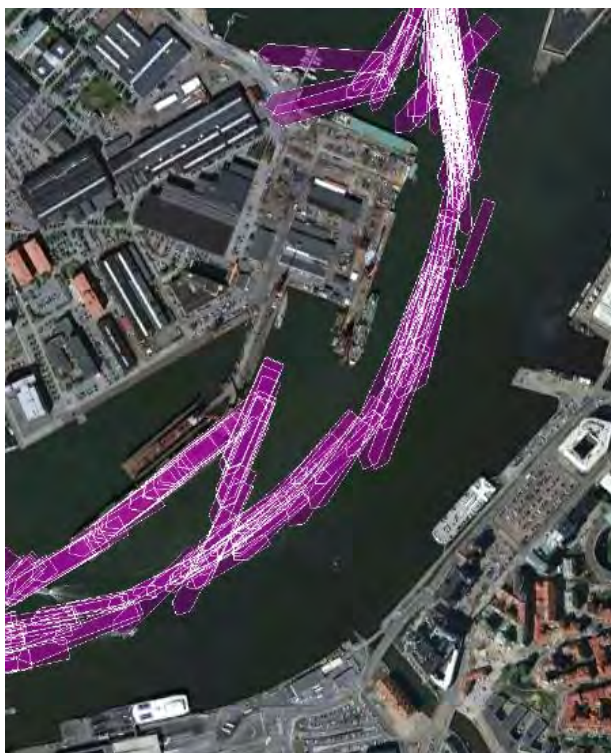
2.2.4 Passerande trafik – svepta ytor

I samband med arbetet med detaljplanen för Skeppsbron och den tillhörande riskanalysen av maritima risker för området gjordes illustrationer av hur stor del av farledsytan som fartygen sveper över när de passerar. Illustrationerna innefattar även farleden utanför masthuggskajen, se Figur 2.9 - Figur 2.12.

För att inte göra figurerna alltför plottriga och så att enskilda fartygskonturer kan urskiljas, har tidsintervallet varifrån AIS positionsdata extraherats och plottats begränsats till 68 dagar under perioden augusti till november 2010. Fartyg > 100 m längd plottas för sig liksom uppströms- och nedströmsgående trafik för att ytterligare förtydliga bilden.



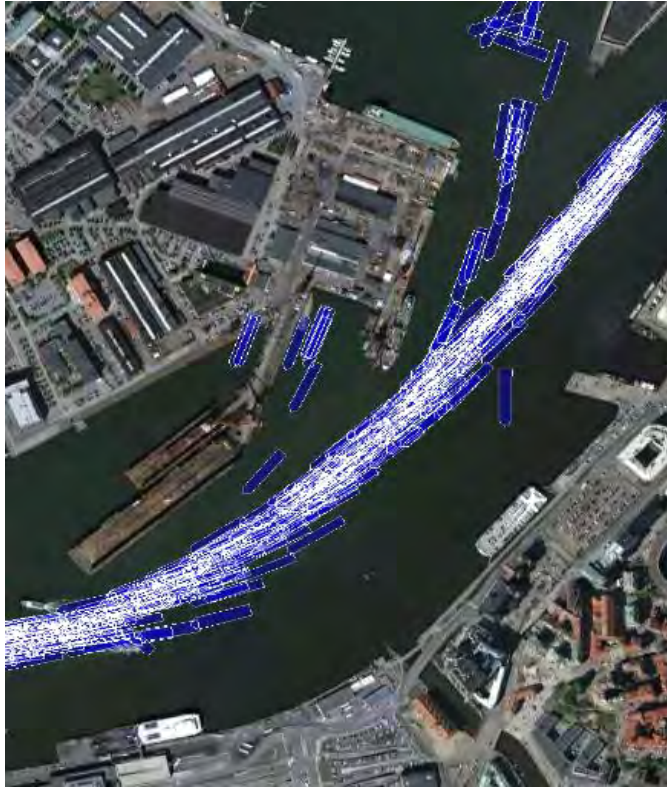
Figur 2.9. AIS spår stora uppströmsgående fartyg.



Figur 2.10. AIS spår stora nedströmsgående fartyg.



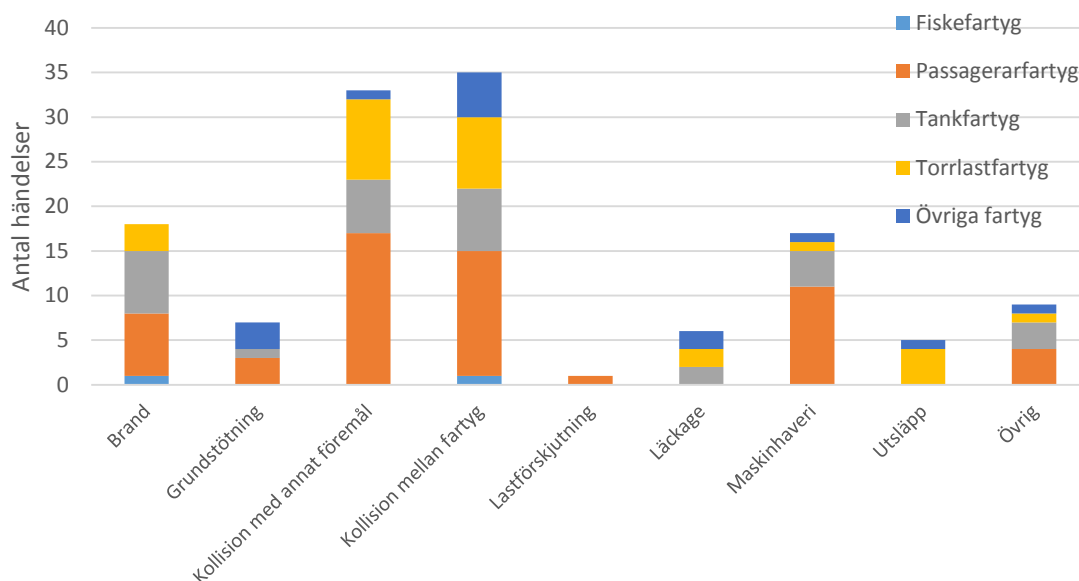
Figur 2.11. AIS spår uppströmsgående fartyg upptill 100m längd.



Figur 2.12. AIS spår nedströmsgående fartyg upptill 100m längd.

2.3 Olyckshistorik

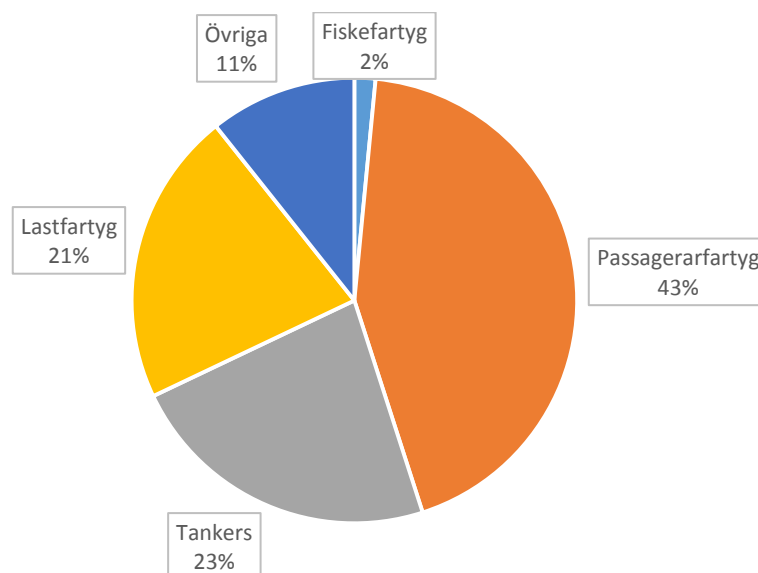
Från 1986 fram till juni 2015 har det i området mellan Skandiahamnen och Göta älvbron totalt rapporterats in 138 olyckor till Transportstyrelsens databas SjöOlycksSystemet. Av Figur 2.13 framgår att kollision mellan fartyg är den vanligaste olycksorsaken. Även kollision med annat föremål är en vanlig olyckstyp. Sammanlagt kan 68 av olyckorna refereras till kollisioner.



Figur 2.13. Olycksstatistik 1986-2015 för området mellan Skandiahamnen och Göta älvbron.

Av Figur 2.13 framgår också att passagerarfartyg är den typ av fartyg som är inblandad i flest antal olyckor, totalt 57 stycken. Med hänsyn till passagerarfartygens höga frekvens i området är dessa dock underrepresenterade i olycksstatistiken.

Figur 2.14 visar fördelningen av olyckor baserat på fartygstyp.

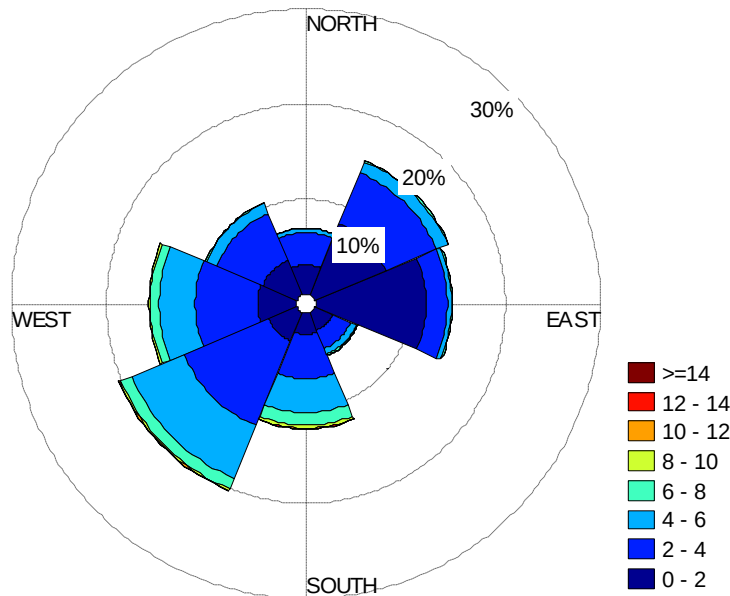


Figur 2.14. Fördelning av olyckor baserat på fartygstyp.

2.4 Klimat och miljö

2.4.1 Vindförhållanden

Den vanligaste vindriktningen kring Göteborgs Hamn är sydväst, detta framgår tydligt av Figur 2.15. Det är också vid denna vindriktning samt vid sydlig vind som höga vindhastigheter är mest frekventa.



Figur 2.15. Vindros baserad på vinddata från SMHIs station Göteborg A för perioden 2000-01-01 - 2015-06-01.

2.4.2 Vågor och strömmar

Västliga vindar tenderar att höja vattennivån i området kring Göteborg liksom på resten av västkusten. Vid stormstyrka kan detta generera en relativt snabb höjning av vattennivån med upp till en meter.

Strömhastigheten i Göteborgs skärgård kan tidvis vara hög, men i det aktuella hamnområdet är strömmen sällan högre än 2 knop i älvens flödesriktning.

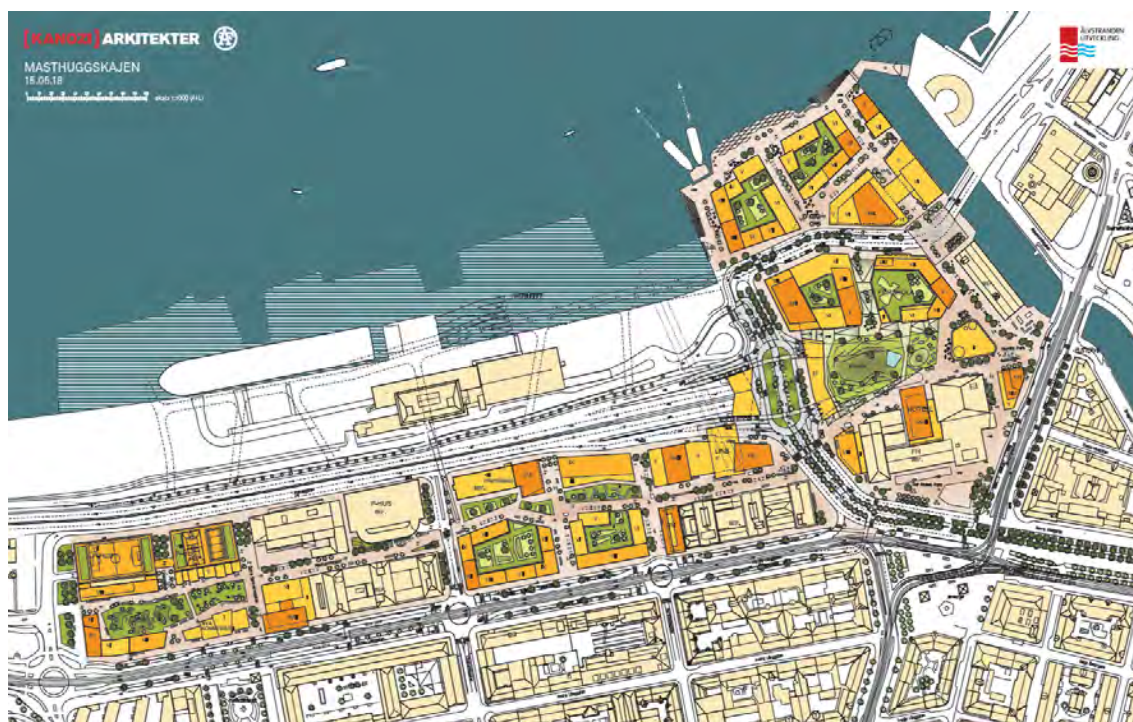
Utbyggnaden av Skeppsbron och Järnvågen beräknas ge ringa påverkan på strömhastigheten i området ($< 0,2$ knop skillnad) men närmast nedströms utbyggnaden minskar strömhastigheten något medan den förväntas öka något vid norra älvstranden (vid stora varvsdockan). Vid tappningsflöde $316 \text{ m}^3/\text{s}$ (medelhögflöde) genom älven beräknas ytströmhastigheten utanför Järnvågen uppgå till ca 1 knop och med avtagande hastighet på större djup, (Sweco, 2016a).

2.4.3 Isförhållanden

Göteborgs Hamn har endast begränsad påverkan av is, och under alla förhållanden så hålls hamnen samt farleden isfri året om.

2.5 Utvecklingsplaner

Järnvågen och Masthuggskajen är en del av vision Älvstaden som tillsammans med Skeppsbron ska utvecklas och få mer egen karaktär samt bli en förlängning av stråket från Linnégatan och Järntorget. Inom det aktuella området planeras bl. a. ca 1200 nya bostäder, 125 000 m² kontor och plats för lokala verksamheter och kultur. Figur 2.16. visar en illustrationsplan för området Masthuggskajen som var ute för samråd under sommaren 2015.



Figur 2.16. Illustrationsplan för detaljplaneområdet Masthuggskajen.

Längre fram planeras även utfyllnad och byggnation längs kajen väster om den nu aktuella Masthuggskajen. Detta område är skuggat i vitt i Figur 2.16. ovan.

2.6 Alternativ

Planeringsprocessen med utformning av det nya Järnvågsområdet omfattar inga alternativa lokaliseringsalternativ. Men olika utformnings- och genomförandalternativ diskuteras exempelvis angående kollektivtrafikfartygens tilläggsplats och är delvis relaterade till de riskbedömningar som omfattas av denna delstudie.

2.7 Framtida förändringar

2.7.1 Göta älv brons ersätts av Hisingsbron

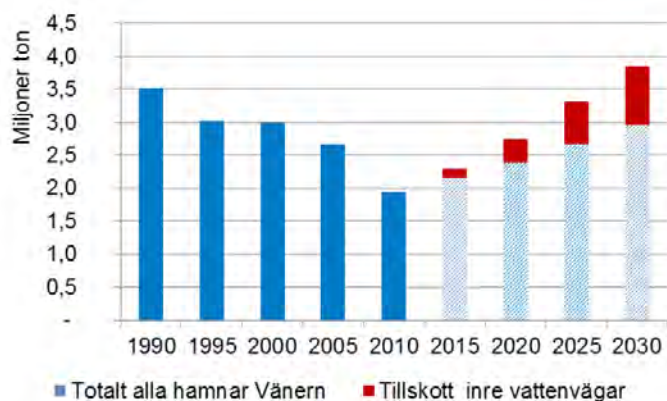
Den passerande sjötrafiken till/från Göta älv och Trollhätte kanal uppgår idag till ca 5-7 passager per dag. Passage med fartyg som kräver broöppning sker ej mellan 06-09 eller 15-18 då broöppning ej tillåts. Den nya Hisingsbron som kommer att ersätta nuvarande Göta älv bron planeras att få en segelfri höjd av 13 m jämfört med dagens 18,3 m vilket torde medföra fler broöppningar. Den föreslagna broutformningen "Arpeggio" är en lyftbro som i öppet läge får en segelfri höjd av 29,5 m och en farledsbredd av 30 m.

2014 antogs detaljplanen av kommunfullmäktige och vattendomsansökan godkändes med verkställighetsförordnande av Mark- och miljödomstolen. Åtta kommuner kring Väneren och älven har överklagat Mark- och Miljödomstolens beslut och ansökan kommer att prövas i Mark- och miljööverdomstolen. Verkställighetsförordnandet kvarstår under prövningen och byggstart planeras till 2016 och Hisingsbron planeras vara färdig 2020 då nuvarande Göta älvbron rivs.

2.7.2 Slussarna i Trollhättan

Den tekniska livslängden för slussarna i Trollhättan bedöms vara slut 2030 även om regelbundna renoveringsinsatser genomförs. Två olika trafikscenarier för Göta älv – Vänerstråket har utretts av Trafikverket (Trafikverket, 2013). Antingen byggs nya slussar i Trollhätte kanal och då väntas trafiken öka, alternativt stängs slussarna för handelssjöfart 2030. Inga beslut är ännu tagna men eftersom exempelvis den nya Hisingsbron planeras utifrån fortsatt framtida sjötrafik i Göta älv Vänerstråket är det logiskt att vid planering av Järnvägen också ta detta scenario som utgångspunkt. Under hösten 2015 har Trafikverket vidare uppdragit åt Sjöfartsverket att ytterligare undersöka de tekniska förutsättningarna för renovering och ytterligare förlängning av möjlig drifttid och livslängd för befintliga slussar.

Från 2014-12-16 införde Sverige EU:s regelverk om inre vattenvägar (Inland Water Ways, IWW), som reglerar fartygets konstruktion och utrustning för inlandssjöfart och som också bedöms kunna stimulera trafiktillväxt i Göta älv Vänerstråket. Rådets direktiv (2006/87/EG) är i huvudsak genomfört genom Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tekniska krav för fartyg i inlandssjöfart (TSFS 2014:96). Utifrån dessa förutsättningar förutspår Trafikverket en möjlig ökning av godstransporter i Göta älv Vänerstråket enligt figuren nedan. Hittills har dock ingen sjötrafik enligt IWW-reglerna etablerats mellan Göteborg och Väneren.



Figur 2.17. Utveckling av godsmängder 1990-2010 samt godsprognos till 2030 (Trafikverket, feb2013).

De nya slussarna förväntas bli 110 x 17 m jämfört med dagens 89 x 13,4 m (men fortsatt med maximalt fartygsdjup begränsat till 5,4 m) vilket innebär att längre och bredare fartyg kan trafikera leden och att det maximala displacementet för fartyg av VänerMax storlek kan öka med upp till 57%.

Enligt Trafikverket uppskattning skulle den ovan indikerade godsvolymökningen från dagens nivå till 3,9 miljoner ton 2030 motsvaras av en ökat antal fartygspassager från dagens nivå av i genomsnitt 4-5 lastfartyg per dygn till 8-10 lastfartyg per dygn 2030.

2.7.3 Frihamnsområdet

För Frihamnsområdet planeras det för en omfattande utbyggnad som bland annat innefattar 15 000 bostäder och lika många arbetsplatser när det är fullt utbyggt. Den första etappen, som ska stå färdig till Göteborgs 400-års jubileum 2021, omfattar ca 1000 bostäder och 1000 arbetsplatser. Med anledning av denna utveckling kommer kryssningstrafiken som idag anlöper Frihamnen att upphöra innan utvecklingen av Järnvågsområdet har färdigställts år 2025, (Areslätt, 2016). Trafiken med järnvägsfärjan Stena Scanrail till Kvillepiren i Frihamnen har sedan september 2015 upphört och denna pir trafikeras inte längre av några fartyg.

Det utreds för närvarande huruvida byggtrafiken under Frihamnens utbyggnad kan samordnas. Det finns i samband med detta planer på att försöka samordna transporter sjövägen och ta in material med pråmar. Detta skulle i så fall innebära en ökad fartygstrafik till och från Frihamnen under byggnadsperioden som sträcker sig över flera år och även efter Järnvågens färdigställande.

Även Kustbevakningens fartyg, KBV 001 Poseidon, som har kajplats i Frihamnen kommer troligtvis att behöva få en ny kajplats när Frihamnen byggs ut.

2.7.4 Flytdockan, fd Damen varsområde

Flytdockan vid varvsområdet mittemot Järnvågen används inte sedan Damen lagt ned sin varvsverksamhet och dockan kommer troligen att flyttas under våren 2016. Vattendjupet under dockan (10 m) är något större än den omgivande botten i farleden och här har under många års varvsverksamhet föroreningar ackumulerats. Sanering av området förutsätter en miljöprövning men någon sådan process har ännu inte inletts. Området kommer inte att kunna tas i anspråk för fartygstrafik innan det sanerats och återställts. I denna riskanalys antas därför dockan ligga kvar i ursprungligt läge även om det ur ett långtidsperspektiv skulle kunna antas vara gynnsamt för sjötrafik och påseglingsrisker om den inte låg kvar.

2.8 Trafikscenarier för riskanalys

I riskanalysen beräknas påseglingsriskerna för två olika trafikscenarier. Det ena scenariot speglar trafiken år 2014 och är baserad på AIS-data över den norra passagenlinjen för denna period. Utbyggnationen av Järnvågen beräknas vara färdig år 2025, med anledning av detta har år 2030 använts som prognosår för det framtidsscenario som riskanalysen avser att bedöma. Prognosen för år 2030 baseras på data från 2014 och tar hänsyn till de framtida förändringarna som förväntas påverka fartygstrafiken. Även tidigare prognoser som gjorts i andra sammanhang för trafiken i Göta älv har beaktats. Bland annat har Trafikverkets stråkstudie avseende Göta Älv använts (Trafikverket, 2013).

Tabell 2.1 visar fartygsflödena för de båda trafikscenarierna fördelat över 6 olika intervall baserat på fartygslängd. I tabellen framgår också vilken typ av fartyg som är dominerade för varje längdintervall.

Tabell 2.1. Fartygstrafik för området utanför Järnvågen för 2014 samt den prognostiserade trafiken 2030.

Göta älv – Vänerstråket	Typfartyg	Trafik idag	Scenario/ prognos 2030
L < 30 m	Mindre passagerarbåtar	7296	7296
30 -50	>90% Kollektivtrafikfärjor	14364	21546
50- 70	70% Lastfartyg 18% Tanker 12%Övr	312	624
70 – 90	90% Lastfartyg och mudderpråmar(2014)	1980	1980
90 - 110	Lastfartyg	49	2078
L > 110 m	Lastfartyg tankfartyg 50/50	931	931

Som framgår av tabellen spås fartygen av storleken 90-110 m öka radikalt till år 2030, från 49 till 2078. Detta härrör från antagandet att nya slussar byggs och

att detta medför en ökad trafik på Göta älv samtidigt som fartyg av större storlek tillåts i och med detta, dvs att de så kallade VänerMax ökar från dagens 89 x 13,4 m till 110 x 17 m. Även antalet fartygpassager i de flesta övriga längdintervall förväntas öka till år 2030. Bara antalet passager i den minsta respektive den största kategorin antas vara samma som år 2014. Anledningen till att ingen ökning prognostiseras för dessa kategorier beror delvis på att trafiken till och från Frihamnen förväntas upphöra, vilket påverkar antalet passager av de minsta fartygen. Av de 931 passagera av fartyg över 110 m år 2014 härrörde 871 av dessa från passager av Stena Scanrail för vilken trafiken sedan september 2015 har upphört.

När den norra älvstranden utvecklas allt mer med bostäder och fler arbetsplatser och områden som bland annat Frihamnen blir en mer integrerad del av de centrala delarna av Göteborg förväntas också behovet av kollekttrafik över älven att öka. Med anledning av detta förväntas även antalet passager av fartyg i storleken 30-50 m att öka.

3 RISKIDENTIFIERING

I samband med den maritima riskanalysen för Skeppsbron genomfördes en omfattande riskidentifieringsprocess. Med anledning av den geografiska närheten och de liknande förutsättningarna vid Masthuggskajen genomfördes riskidentifieringen för det aktuella Järnvågenprojektet baserat på vad som framkommit under processen för Skeppsbron.

3.1 Riskidentifiering Skeppsbron

För att identifiera möjliga specifika sjöfartsrelaterade faror och olycksscenarier med påsegling av pirar, kajer eller byggnader i området vid Skeppsbron genomfördes en HAZID-workshop med berörd expertis 17 augusti 2011. Sammanlagt deltog 21 personer vid mötet.

Under mötet identifierades en rad möjliga risker och olycksscenarier. Dessa kategoriserades i tre klasser av sannolikhet och tre klasser av konsekvenser. Värdet 1 anger låg sannolikhet respektive små konsekvenser, 2 anger medel och 3 anger hög sannolikhet respektive svåra konsekvenser. Summan av de respektive klassificeringarna för varje identifierad risk utgör ett s.k. riskindex för riskscenariot. Utförd riskidentifiering resulterade även i en riskförändringsfaktor för varje risk. En negativ riskförändringsfaktor (-1 eller -2) innebär en försämrad risksituation (måttligt försämrad eller påtagligt försämrad) i samband med utbyggnad medan en positiv (+1 eller +2) leder till en förbättrad risksituation jämfört med nollalternativet som i Skeppsbrofallet refererade till de förhållande som rådde 2011. Värdet 0 indikerar att utbyggnaden inte förändrar risksituationen.

Högst riskindex fick scenario C1:1, Fartreduktioner som leder till minskad kursstabilitet och sämre styrförmåga, som har en riskindexfaktor som är 6 och en riskförändringsfaktor som i protokollet angetts till -2, dvs en påtaglig försämring jämfört med dagens situation.

De främsta farorna, rangordnade efter högst riskindex i kombination med riskförändringsfaktorn, anses enligt det ifyllda riskidentifieringsprotokollet vara:

- Fartreduktioner som leder till minskad kursstabilitet och sämre styrförmåga
- Möte av stora fartyg (>50 m) och mellan olika stora fartyg i farled som, i kombination med minskat utrymme för undanmanöver vid problem, resulterar i kollision
- Påsegling land/kajliggande fartyg med kanalfartyg >50 meter i medströms riktning, på grund av blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri
- Påsegling av land/kajliggande fartyg med kanalfartyg >50 meter i motströms riktning

3.2 Kompletterande riskidentifieringsmöte för Järnvågen

För att identifiera specifika risker för utbyggnadsprojektet Järnvågen vid Masthuggskajen och skillnader jämfört med Skeppsbron genomfördes en kompletterande HAZID-workshop på SWECOs kontor på Rosenlundsgatan i Göteborg den 17 juni 2015. Deltagarna vid detta tillfälle framgår av Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Deltagarförteckning från riskidentifieringsmötet den 17 juni 2015.

Åsa Kärnebro, Göteborgs Hamn, asa.karnebro@portgot.se
Jörgen Wallroth, Göteborgs Hamn, jorgen.wallroth@portgot.se
Johan Eriksson, Sjöfartsverket, johan.eriksson@sjofartsverket.se
Christian Hallberg, Styrsoöbolaget, christian.hallberg@styrsobolaget.se
Björn Garberg, Sjöfartsverket, bjorn.garberg@sjofartsverket.se
Anna Brandt, Göteborg Energi, anna.brandt@goteborgenergi.se
Åsa Verneresson, Älvstranden Utveckling, asa.verneresson@alvstranden.goteborg.se
Javad Homayoun, Sweco, javad.homayoun@sweco.se
Sara Karlsson, Gärde Wesslau, sara.karlsson@garde.se
Svante Roupé, Sweco, svante.roupe@sweco.se
Johan Skogwik, Transportstyrelsen, johan.skogwik@transportstyrelsen.se
Kim Lindholm, Stena Line, kim.lindholm@stenaline.com
Malin Lind, Trafikverket, malin.lind@trafikverket.se
Björn Forsman, SSPA, bjorn.forsman@sspa.se
Axel Andersson, SSPA, axel.andersson@sspa.se
Nelly Forsman, SSPA, nelly.forsman@sspa.se

Vid detta tillfälle gjordes ingen rangordning eller kategorisering av konsekvenser och sannolikheter. Diskussionerna baserades på vad som tidigare framkommit och resultatet av mötet har sammanställts i det bilagda HAZID-formuläret, se Appendix 1.

3.3 Identifierade faror och möjliga olycksscenarion

Antalet risker vid Masthuggskajen reduceras jämfört med Skeppsbron då den aktuella detaljplanen varken innefattar fritidsbåtshamn eller turistbåtshamn. Fritidsbåtshamnen ansågs vara en av de största riskfaktorerna i Skeppsbroprojektet. Närheten till Stena Lines Danmarksterminal får gör dock att det tillkommer en del riskscenarier i samband med avgång och ankomst för färjorna.

Även det planerade kajläget för kollektivtrafikfärjorna anses vara mer utsatt för risker i jämförelse med Skeppsbron. Alternativa utformningar, som anses mer fördelaktiga ur risksynpunkt för detta kajläge, föreslogs under mötet.

Till kajläget vid Rosenlundsverket som ligger på den östra sidan av Rosenlunds-kanalen, och därmed utanför det aktuella området, ankommer ca 2-5 gånger per år (max 10 gånger) ett mindre tankfartyg för att lossa olja till värmekraft-verket. Den utbyggnad som planeras i den östra delen av planområdet för Järnvågen kommer att ändra förutsättningarna för lossning av olja från tank-fartyg vid nuvarande kajplats vid Rosenlund och en ny kajplats för oljelosning diskuteras därför i samband med utbyggnadsplanerna för Skeppsbron.

Under dessa diskussioner har ett nytt förslag till alternativ tilläggsplats för oljebåten utarbetats och presenterats för berörda parter, (Sweco, 2016b). Appendix 1, med noteringar från riskidentifieringsmötet 17 juni 2015, där tilläggsplatsen för oljebåten identifierades som ett problem, har kompletterats med ett utdrag ur det nya förslaget. Den nya föreslagna utformningen bedöms kunna undanröja de risker och svårigheter som ursprungligen identifierades vid riskidentifieringsmötet. Tilläggsplatsen på Nocken bör utföras med glidbalk eller fender som medger att tankfartyget kan glida längs kajkanten vid tilläggning och avgång eftersom klarningen till de skyddande dykdalberna kring kraftverksvattenintaget är små. Dykdalberna bedöms inte vara dimensionerade för att motstå kontaktkrafter från en manövrerande oljebåt.

Ett eventuellt bränslebyte, från tjockolja till exempelvis diesel i Rosenlundsverket i framtiden till följd av skärpta utsläppskrav, skulle också kunna tänkas påverka riskbilden i området då diesel anses mer brandfarligt. En sådan dieselhantering skulle då kunna bedömas olämplig i närheten av de planerade bostäderna inom detaljplanen för Järnvågen och Skeppsbron. Eventuell riskpåverkan av ett sådant bränslebyte tillhör dock inte prövningsärendet av Järnvågen utan blir i så fall föremål för omprövning av villkoren för Skeppsbron.

Utöver dessa skillnader kan riskbilden vid Masthuggkajen anses vara relativt lika den för Skeppsbrokajen. Sedan 2011 har dock nyare information framkommit och den nya analysen bygger på uppdaterad trafikstatistik. Vidare har den lilla dockan vid norra älvstranden flyttats och den stora dockan kommer troligen också att flyttas från Göteborg under 2016. Det råder också ännu nu viss tvekan om hur Vänertrafiken kommer att utveckla sig beroende på beslut angående slussarna i Trollhättan.

4 RISKANALYS

4.1 Påsegling av Järnvågens kajer av passerande handelsfartyg

Vid riskidentifieringsmötet noterades liksom vid tidigare riskanalys för Skeppsbron att olika påseglingsscenarier av Järnvågen av passerande handelsfartyg skulle kunna ge betydande skador och bör bli föremål för närmare riskbedömning.

De olycksscenarier som identifierats kan sammanfattas i följande tre huvudtyper för vilka sannolikhet och konsekvenser kan uppskattas separat.

- i) Oönskad gir till påseglingskurs orsakad av tekniskt roderfel/låst roder
- ii) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje orsakad av mänskligt fel
- iii) Oönskat bortfall av framdrivning orsakad av blackout

Dessa olycksscenarier kan leda till kajpåsegling och konsekvenserna bestäms då i hög grad av fartygets storlek (deplacement/massa), dess hastighet och påseglingsvinkeln. Möjliga påseglingsscenarier för Järnvågen illustreras av figuren nedan. Av figuren nedan framgår att feltyp i) låst roder i första hand kan leda till påsegling av norra kajen under relativ brant vinkel medan feltyp ii) främst kan leda till påsegling under flack vinkel. Feltyp iii) med blackout bedöms här i första hand kunna leda till påsegling av västra kajen under brant vinkel.



Figur 4.1. Exempel på hur de tre huvudsakliga feltyperna kan leda till påsegling av Järnvågen på olika platser och under olika vinkel mot kajlinjen för uppströmsgående och för nedströmsgående trafik.

Den röda fartygskonturen i figuren ovan med feltyp iii) antas komma från centerlinjen i farledsytan och fortsätta i tangentens riktning från en svag babordsgir utanför Stora Hamnkanalen och kan då tänkas träffa mitt i nordostfasaden av Järnvågens byggnad markerad med romersk siffra X under kollisionsvinkel ca 70°. Den rosa fartygskonturen visar motsvarande möjlig kollision i ett fall där Nockens yttre del inte "snedkapats". I det senare fallet markerar den rosa fartygskontyren att hörnet av byggnad X kan träffas.

Feltyp iii) representerar oönskat bortfall av framdrivning orsakad av blackout och kollisionfarten kan i detta fall antas reduceras påtagligt. Om initialfarten antas ha varit 8 knop är det rimligt att anta 5 knop vid kollision pga feltyp iii).

4.1.1 Numerisk uppskattning av sannolikhet för påsegling av Järnvågen

i) Roderfel

För beräkning av möjliga påseglingsvinklar pga feltyp i) *Oönskad gir till påseglingkurs orsakad av tekniskt roderfel/låst roder* beräknas en minsta girradie vid fullt roderutslag som 1,5 gånger fartygslängden. För dagens VänerMax med en längd av 89 m och ett passageavstånd av ca 90 utanför Järnvågen innebär det en minsta girradie av 130 m och att påseglingsvinkeln mot Järnvågens yttre rand mot älven kan bli upp till 71 grader brant.

Aktuella passagehastigheter ges av AIS-analysen men vid den oönskade giren kommer hastigheten att minska och påseglingshastigheten antas vara 1-2 knop lägre än passagehastigheten. Beroende på vilken girradie fartyget får kommer det att ta ca 15-20 sekunder innan påseglingen sker och därför finns också möjligheter att begränsa påseglingshastigheten exempelvis genom att aktivt slå back eller stopp i maskin så snart det står klart att rodet inte lyder.

Tekniska fel typ i) som innebär att styrarrangemang låser sig i fullt utslag är mycket ovanliga. 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 sydgående respektive styrbord för nordgående fartyg) kan då antas uppgå till $0,5 \cdot 10^{-5}$ per timme. För att ett sådant roderfel skall leda till påseglingkurs måste det uppstå under en passagetid som motsvarar längden av den påseglingsskritiska strukturen (ca 200 m).

ii) Mänskliga fel

Möjliga påseglingsvinklar pga feltyp ii) *Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje orsakad av mänskligt fel* uppskattas utifrån Figur 4.1 ovan där det framgår att eventuella påseglingsscenarier pga otillräcklig gir i farledens ytterkurva skulle kunna ske mot norra kajen under flack vinkel, ca $0-10^{\circ}$.

Påseglingshastigheten antas inte påverkas.

Olycksstatistik visar att mänskliga fel är vanliga orsaker bakom olyckor och många statistiskt baserade numeriska modeller för beräkning av sannolikheten för mänskliga misstag har presenterats. För denna undersökning används ett värde baserat på information samlad i [Kristiansen2005] där antalet felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil (nm). För den här specifika giren kopplas denna sannolikhet till en kritisk sträcka av 0,11 nm, vilket motsvarar sträckan 200 m.

iii) Blackout

Möjliga påseglingsvinklar pga feltyp iii) *Oönskat bortfall av framdrivning*

orsakad av blackout, uppskattas utifrån scenariot att fartyget fortsätter rakt fram på den kurs den har då felet uppstår innan farleden kröker utanför Järnvågen. Uppströmsgående fartyg har sådan "peka på"-kurs mot Järnvågens västra kaj sida där en stor del av kajlängden kan exponeras för påseglingsrisk under brant vinkel (storleksordning 70-80°). Järnvågsutbyggnadens östra kaj sida exponerar däremot en väsentligt kortare del för nedströmsgående fartyg med "peka på"-kurs under motsvarande branta vinklar, eftersom Järnvågens östra kaj sida till största delen skyddas av Skeppsbrons utbyggnad med den s.k. Nocken. Uppskattningsvis exponeras ca 30% av den totala kajlängden om ca 100m och av den exponerade yttre kajlängden utgörs endast en tredjedel av en påseglingsbar byggnad med husliv intill kajkanten.

Aktuella passagehastigheter ges av AIS-analysen men vid blackout minskar hastigheten och påseglingshastigheten antas vara 1-2 knop lägre än passagehastigheten.

Tekniska fel av typ blackout bedöms uppträda med högre frekvens än fel med oönskade maximala roderutslag och sker inte sällan just i samband med pådrag exempelvis vid passage av en bro som just öppnats. Numeriska sannolikhetsvärden baseras vanligen på bas av tiden och utifrån jämförande värdering av olika empiriska modeller nyttjas här $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme [SSPA 2008]. Även här kopplas sannolikheten till en kritisk tidsperiod som motsvarar passagen av en sträcka av 0,1 nm vid 7 knop.

Resultat av systematiska beräkningar av påseglingssannolikheten för de olika feltyperna och fartygskategorier är sammanställda i tabellen nedan för dagens förhållanden samt för förväntat sjötrafikflöde 2030. Beräkningsarket återges i Appendix 2.

Tabell 4.1. Beräknad förväntad returperiod för kajpåsegling av passerande fartyg vid Järnvågen för 2014 och 2030

Kajpåsegling passerande handelsfartyg Beräknad returperiod (år)	Norra kajen i) Roderfel	Norra kajen ii) Mänskliga fel	Västra kajen iii) Blackout	Östra kajen iii) Blackout
2014				
Fartygslängd: 30-50 m, Displacement 300-1000 m ³	883	23	39	117
Fartygslängd: 50-70 m, Displacement 1000-3000 m ³	41515	1068	1795	5385
Fartygslängd: 70-90 m, Displacement 3000-5000 m ³	6542	168	283	848
Fartygslängd: 90-110 m, Displacement 5000-8000 m ³	302106	6803	13061	39184
Fartygslängd: >110 m, Displacement >8000 m ³	9938	358	430	1289
Totalt	708	19	31	93
2030				
Fartygslängd: 30-50 m, Displacement 300-1000 m ³	589	15	26	78
Fartygslängd: 50-70 m, Displacement 1000-3000 m ³	20758	534	897	2692
Fartygslängd: 70-90 m, Displacement 3000-5000 m ³	6542	160	283	848
Fartygslängd: 90-110 m, Displacement 5000-8000 m ³	7123	160	308	924
Fartygslängd: >110 m, Displacement >8000 m ³	9938	358	430	1289
Totalt	467	12	21	62

4.2 Påsegling vid ankomst eller avgång från kajplats 24-25

Tillgänglig kajlängd vid Masthuggskajen, kajplats 24-25, kommer att begränsas till ca 250 m när Järnvågen byggs ut. Kajen avses att nyttjas av Stena Lines Danmarkstrafik för fartyg med upp till 184 m längd. Järnvågens utbyggnad innebär att fartyget måste tvärförflyttas då det skall till eller från kaj. Under ogynnsamma ström- och vindbetingelser kan sådana manövrar försvåras. Eftersom manöverutrymmet kring Järnvågens västra kaj är begränsat kommer marginalerna mellan fartyg och Järnvågens västra kaj liksom kollektivtrafikens planerade tilläggsplats, att bli små och incidenter med kontakt eller påverkan av propellerströmmar kan inträffa. Genomförda simuleringsstudier visar också att olika typer av felhändelser t ex bortfall av framdrivning (blackout) eller styrfel också kan leda till påsegling av Järnvågens västra kaj under brant vinkel.

4.2.1 Resultat av manöversimuleringar Stena Jutlandica vid kajplats 24-25

Simuleringar under olika vindförhållanden visade att fartyget har mycket god manöverförmåga och har kapacitet att gå till och från kaj 24-25 i alla vindstyrkor som lokalt förekommer. Den pga Järnvågen förändrade strömbilden vid kajen anses inte försämra tillgängligheten för kajen. Simuleringarna visar att man vid några tillfällen varit nära den västliga tilläggsplatsen vid kollektivtrafikfärjeläget vid Järnvågens nordvästra hörn. Denna tilläggsplats bedöms därför inte vara lämplig att använda då fartyg ankommer eller avgår från kaj 24-25, se (SSPA, 2016) för utförlig information om simuleringarna.

Simulering av utvalda fel-scenarier vid ankomst till kajplats 24-25 indikerar att möjliga konsekvenser kan omfatta vinkelrät kajpåsegling vid Järnvågen i upp till ca 2 knop. I exceptionella fall med kombinationer av tekniska fel och mänskliga felhandlingar skulle även påseglingshastigheter upp till 3-4 knop kunna vara aktuella. Olyckserfarenheter från andra fartyg visar på exempel där man inte kunnat hantera fartyget korrekt när man tvingas köra i back-up mode vid tekniska fel vilket lett till hårda kajpåseglingar. I fallet Stena Jutlandica tränas körning i back-up mode regelbundet, och att detta fartyg skulle råka ut för denna olyckstyp bedöms därför i nuläget ha mycket låg sannolikhet.

4.2.2 Sannolikhet för påsegling

För Fredrikshamntrafiken kan kajplatsen nyttjas maximalt för 3 ankomster per dag med ett fartyg av Stena Jutlandicas storlek och fartresurser vilket ger ca omkring 1 000 ankomster per år. Den kritiska felhändelsen kan uppstå inom ett tidsintervall av ca 5 minuter (300m@2knop). Simuleringarna visar att klacken vid terminalen passeras vid ca 3 knop och om blackout uppstår i detta område kan påseglingshastigheten uppskattas bli ca 2 knop. Möjligen kan det uppskattningsvis vid en tiondel av sådana tekniska fel, även kunna ske mänskliga misstag som leder till påseglingshastigheter upp till 4 knop.

Med motsvarande beräkningsmodell som använts för påsegling av passerande fartyg, fås med ovanstående antaganden en påseglingsfrekvens av Stena Jutlandica mot Järnvågens västra kaj av 1×10^{-2} per år eller med en förväntad returperiod på 96 år. Påseglingsvinkeln kan antas vara 90 grader och hastigheten 2 knop i 90% av fallen och upptill 4 knop i 10% av fallen.

Konsekvenserna av dessa påseglingsscenarier beskrivs i separat kapitel nedan, dels vad avser känsliga platser och situationer och dels med kvantitativa kraftberäkningar och inträngningsdjup.

4.3 Konsekvenser av påsegling av passerande fartyg och vid ankomst eller avgång från kajplats 24-25

4.3.1 Konsekvenser av möjliga påseglingsscenarier

Olika delar av nya Järnvågens anläggningar är olika mycket sårbara för de skisserade påseglingsscenarierna. Fartygens påseglingsfart, dess massa och påseglingsvinkeln är av avgörande betydelse för svårighetsgraden av konsekvenserna.

Särskilt allvarliga konsekvenser bedöms kunna uppstå:

1. Om byggnader där människor varaktigt vistas skadas av fartygpåsegling.
2. Om kajtor eller förtöjningsponton vid den nya tilläggsplatsen för kollektivtrafikfärjor påseglas då många människor befinner sig där.
3. Om kollektivtrafikfärjor med många passagerare ombord, som är förtöjda eller under manövrering vid den nya tilläggsplatsen för kollektivtrafikfärjor vid Järnvågen, påseglas av ett passerande större fartyg.

Det är inte möjligt att i detalj kvantifiera konsekvenserna av respektive scenario men nedan diskuteras möjliga konsekvenser och riskbegränsande åtgärder i kvalitativa termer för respektive område.

Påsegling av bostadsbyggnad

Om bostadsbyggnadernas yttre fasadliv placeras nära kajkanten kan de, även vid lätta kajpåseglingar, få betydande fasadskador av de fartygsdelar som sticker ut eller hänger över vattenlinjekonturen. Om det bedöms sannolikt att påseglingsscenarier kan ge skador eller inträngning i kajdäcket bör bostadsbyggnadernas fasadliv backas tillbaka in från kajkanten så att fartygets överhäng inte når fasaden.

För Järnvågens västra och norra kajer planeras inga byggnader där avstånd mellan fasadliv och kajkant understiger 15 m. För den östra kajen har dock byggnader ritats in med fasadliv i linje med kajkanten.

En husfasad kan inte stå emot de krafter som uppstår vid en fartygspåsegling med direktkontakt och påseglingsscenarioer nattetid av bostadslägenheter bedöms kunna medföra storleksordningen 1-5 dödsfall.

Påsegling av kollektivtrafikens tilläggsplats på Järnvågen

Särskilt under högtrafiktimmarna kommer ett flertal människor att vistas vid kollektivtrafikens tilläggsplats och vid ett påseglingsscenario av ett stort fartyg kan personer som befinner sig på tilläggningspontonen skadas eller falla i vattnet med dödsfall som följd. Det är önskvärt att tilläggningspontonen utformas så att embarkering och debarkering av passagerare sker snabbt och utan trängsel men också så att väntande passagerare snabbt kan evakuera pontonen vid överhängande fara för påseglingsolyckor av stora fartyg eller incidenter med hårda tilläggningar av kollektivtrafikfärjorna. Placeringen av kollektivtrafikens tilläggsplats innebär att sikten är god och att eventuell fara för påsegling av större fartyg lätt uppmärksammas av väntande passagerare som då snabbt kan sätta sig i säkerhet några meter innanför kajkanten.

Påsegling av kajliggande eller manövrerande kollektivtrafikfartyg

Kollektivtrafikens färjor ligger i regel endast en kort stund vid tilläggsplatsen och sannolikheten för att bli påseglad av fartyg som passerar utanför Järnvågen blir därför begränsad. Dagens dubbeländade älvskyttelbåtar på Linje 286 Älvsnabbare, gör att de slipper vända i älven efter avgång och därmed reduceras också tiden som de exponeras för kollisionsrisk med passerande fartyg. Det skisserade arrangemanget med förtöjningsriktning i älvens längsriktning, innebär också att färjorna i mindre grad exponeras för kollision med passerande fartyg som misslyckas med giren och träffar norra kajen under flack vinkel. Vid roderfel hos passerande fartyg kan brantare ramningsvinklar uppstå och färjorna kan klämmas mot kajen med materiella skador som följd. Påseglingsolyckor eller ramning av kajliggande kollektivtrafikfärjor vid måttliga farter innebär oftast att färjan vrids eller glider undan och de skador som kan uppstå, utöver materiella skador, bedöms i första hand leda till personskador hos människor som faller och möjligen enstaka dödsfall.

4.3.2 Beräkning av påseglingskrafter och kajinträngning vid påsegling

Dimensionerande fartyg för beräkningar av påseglingslaster är Stena Jutlandica och fartyg av SurteMax storlek. I tabellen nedan presenteras generella data för dessa båda fartygstyper.

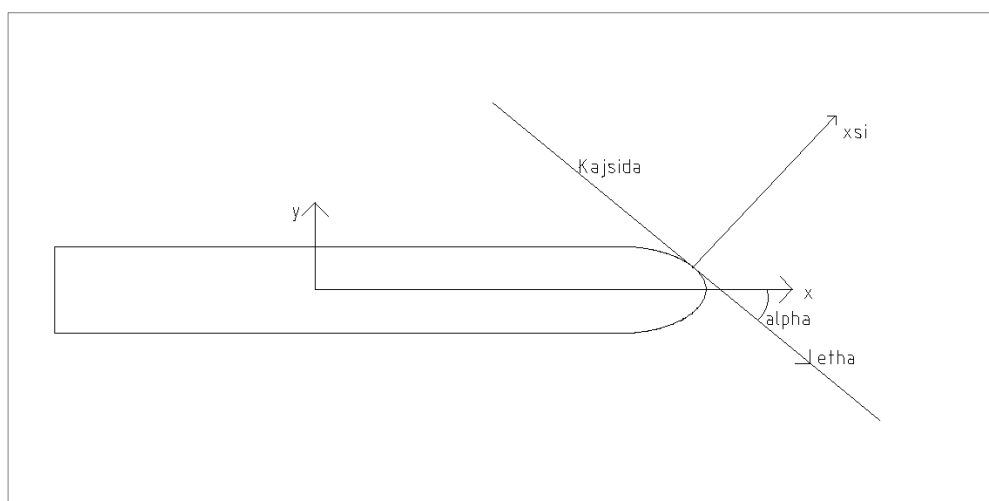
Tabell 4.2. Dimensionerande fartygstyper som används för kvantitativ beräkning av påseglingskrafter

Dimensionerande fartygstyper	SurteMax	Stena Jutlandica
Displacement m ³	8200	18400
Lpp [m]	110	169
B [m]	16,5	27,8

Övriga fartygs- och scenariospecifika parametrar såsom fartygets hydrodynamiska massa i tre frihetsgrader i horisontalplanet och friktionskoefficient mellan fartyg och kaj är valda enligt rekommendationer i Eurocode (Eurocode1_1-7, 2008) och (Zhang, 1999).

Metod

Påseglingsförloppet har analyserats med utgångspunkt i stelkropps-dynamik och nödvändiga energiberäkningar är baserade på en modell presenterad i (Zhang, 1999). Från fartygets initiala rörelseenergi beräknas den del av energin som tas upp som deformationsenergi i skrovet, medtaget effekter av friktionskrafter mellan fartyg och kaj samt hydrodynamisk massa i tre frihetsgrader. Maximal kraftpåckänning samt inträngningsdjup har därefter beräknats utifrån empiriska samband, rekommenderade i (Eurocode1_1-7, 2008), gällande Avancerad analys av stöt från havsgående fartyg. Koordinatsystemen som använts åskådliggörs i figuren nedan.



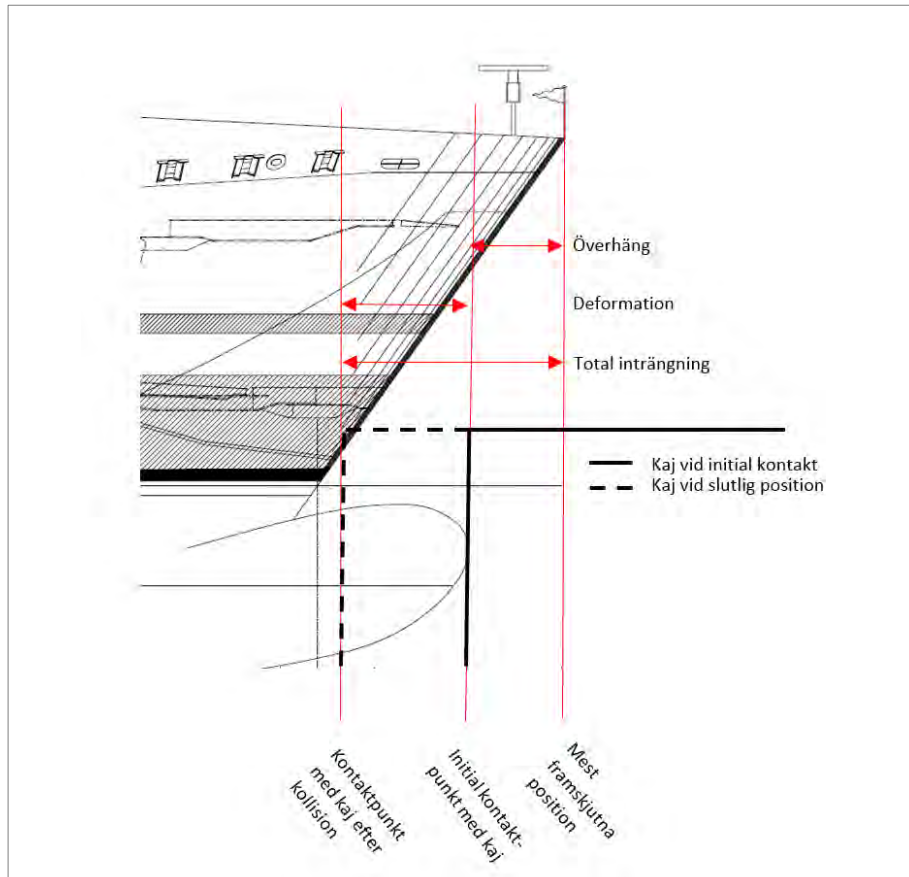
Figur 4.3. Schematisk bild över ett godtyckligt kollisionsförlopp med relevanta koordinatsystem

Initialt har fartyget en hastighet V_x och en angreppsvinkel α , α , gentemot kajsidan. $\alpha = 90^\circ$ motsvarar scenariot där x-axeln i det fartygsfasta koordinatsystemet sammanfaller med xsi-axeln i det kajfasta

koordinatsystemet. Under kollisionen absorberas fartygets kinetiska energi genom deformation av fartygets skrov, kraften som verkar på fartyg och kaj varierar under kollisionsförloppet med den momentana styvheten hos den struktur som deformerar. Kraftpåkänningen på kajen kan delas upp i två komponenter, (1) vinkelrätt mot kajen och (2) längs med kajsidan, beroende på fartygets angreppsvinkel. Observera att kraftpåkänningar och inträngningsdjup presenterade nedan är baserade på den del av kollisionen som verkar vinkelrätt mot kajen, dvs. längs xsi-axeln i det kajfasta koordinatsystemet.

Två typer av scenarion kan därefter identifieras; 1) kollisioner vid flacka vinklar, $0^\circ < \alpha < 70^\circ$, där fartyget har tillräckligt med rörelseenergi längs kajen för att efter initial kollision glida längs med kajen ett stycke innan fartyget slutligen stoppar och 2) kollisioner vid branta vinklar, $\alpha \geq 70^\circ$, där fartyget inte glider längs med kajen under själva kollisionsförloppet. Brytpunkten för dessa två scenarion beror på friktionen mellan kaj och fartyg. Ovanstående utfall är resultatet av en friktions-koefficient, $\mu = 0,4$, vald enligt rekommendation i Eurocode. För kollisionsscenario vid flacka vinklar presenteras i resultaten även farten längs med kajen efter kollisionen. Notera att denna presenterade fart är den momentana farten fartyget har längs med kajen direkt efter kollision, innan inbromsning på grund av friktion mot kajsidan.

Båtarnas inträngning i kaj beror av deformation av bogen under kollisionsscenario men även av bogens geometri. I figuren nedan åskådliggörs detta samband. Resultatmässigt presenteras både deformationen samt den totala inträngningen. Överhänget för ett SurteMax och Jutlandica är 0,2 m respektive 2,4 m för kollisioner vid branta vinklar. För ett SurteMax uppskattas överhänget till 2,0 m för flacka vinklar.



Figur 4.4. Schematisk bild som beskriver deformation, överhäng samt total inträngning.

I övrigt har följande antaganden gjorts i beräkningarna:

- För den västra kajen bedöms kollisionsscenario med angreppsvinkel, α , mellan fartyg och kaj mindre än 70° vara osannolikt och har ej analyserats vidare.
- För den norra kajen bedöms kollisionsscenario med angreppsvinkel större än 60° inte vara möjliga på grund av begränsad utrymme för manövrering i farleden och har ej analyserats vidare.
- Kajen antas vara ogenomtränglig, all deformation antas sålunda ske i skrovkonstruktionen hos respektive fartyg.
- Alla kollisionsscenario antas vara fullt plastiska, med följd att hela fartygets initiala kinetiska energi antas absorberas fullständigt som plastisk deformationen av skrovet. Efter kollisionen har fartyget ingen fart längs med xsi-axeln i det kajfasta koordinatsystemet.

Resultat

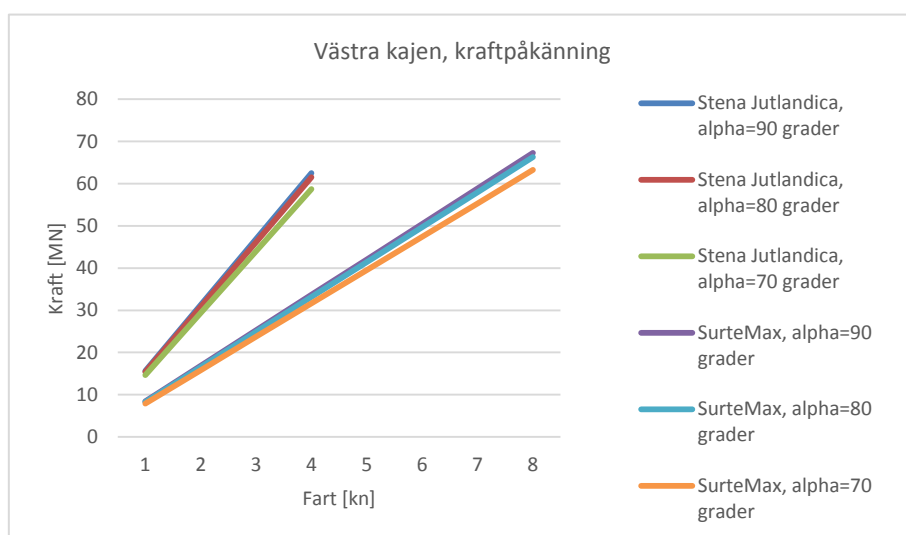
Samband mellan kraftpåkänning och fart samt inträngningsdjup och fart har beräknats enligt den ovan presenterade analysmetoden för följande kollisionsscenario:

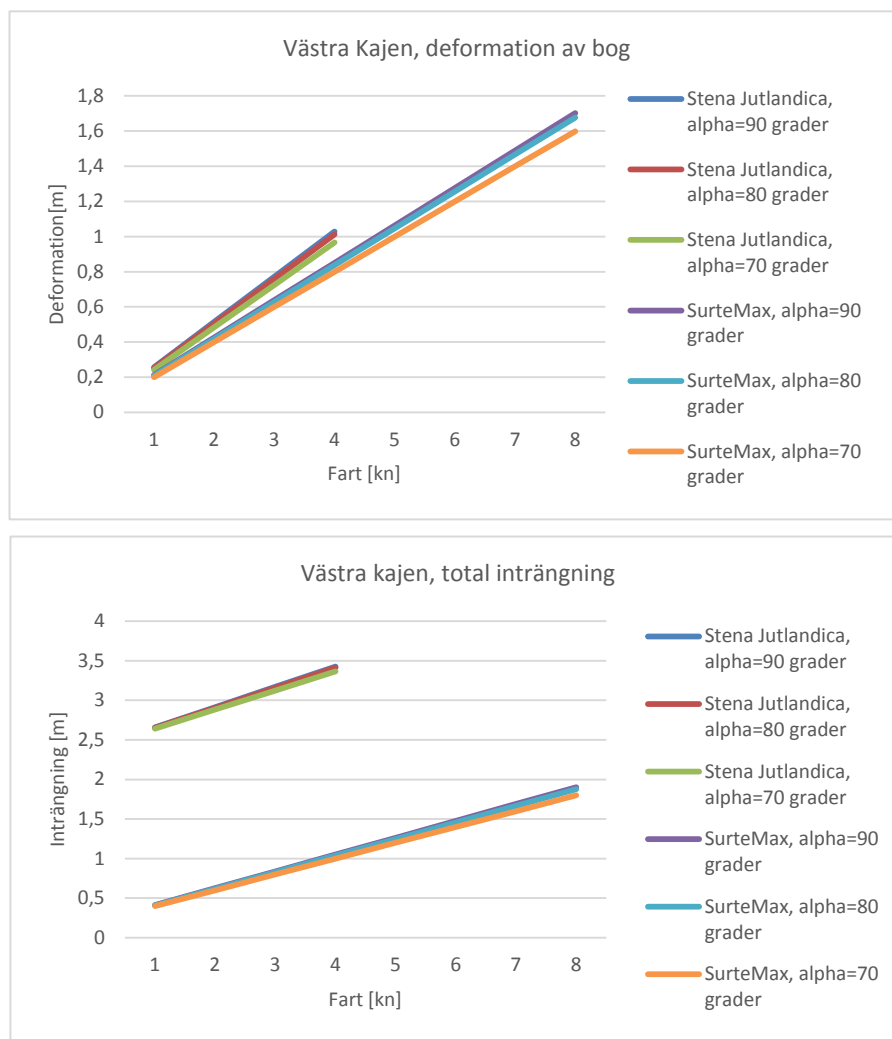
Tabell 4.3. Sammanställning fartyg, vinklar och hastigheter för genomförda systematiska påseglingsberäkningar

	Västra kajen	Norra kajen	Östra kajen
SurteMax	Hastigheter: 1-8 knop	Hastigheter: 1-5 knop	Hastigheter: 1-8 knop
	Angreppsvinklar: 70-90 grader	Angreppsvinklar: 10-60 grader	Angreppsvinklar: 70-90 grader
Stena Jutlandica	Hastigheter: 1-4 knop		
	Angreppsvinklar: 70-90 grader		

Västra kajen

Maximal kraftpåkänning och deformation för Västra kajen har beräknats till 67,3 MN och 1,7 m för scenariot där ett SurteMax träffar kajen i rak kollisionskurs med initial fart 8 knop. En träff med Stena Jutlandica med initial fart 4 knop innebär en närmast identisk kraftpåkänning, dock så blir deformationen betydligt mindre. Den totala inträngningen blir betydligt större för alla scenarion med Stena Jutlandica, detta på grund av det betydligt större överhänget för branta vinklar. Notera också att skillnaden mellan 90° och 70° grader är relativt liten när det kommer till kraftpåkänningen och inträngningen i kajen. Maximal längsgående kraft på kajen för alla undersökta scenarion återfinns för $\alpha = 70^\circ$ och uppgår till 25 MN.





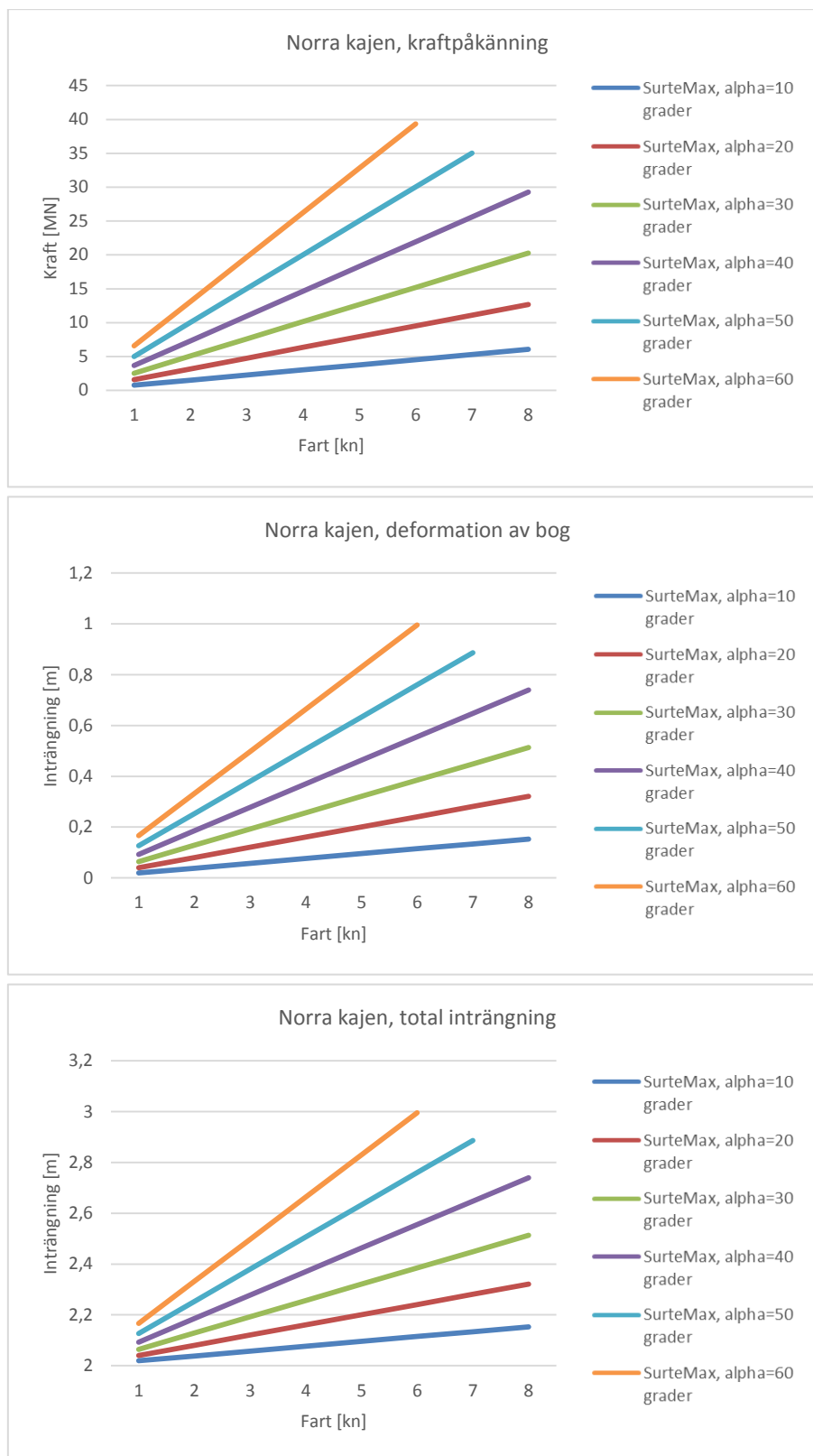
Figur 4.5. Kraftpåkänning, bogdeformation samt total inträngning för kollision med Västra kajen

Östra kajen

Resultat för Östra kajen är identiska med resultat för ett SurteMax för Västra kajen. Maximal kraftpåkänning, deformation och inträngningsdjup för Östra kajen har beräknats till 67,3 MN, 1,7 m respektive 1,9 m för scenariot där ett SurteMax träffar kajen i rak kollisionskurs med initial fart 8 knop. För ytterligare detaljer hänvisas till figurerna presenterade för Västra kajen.

Norra kajen

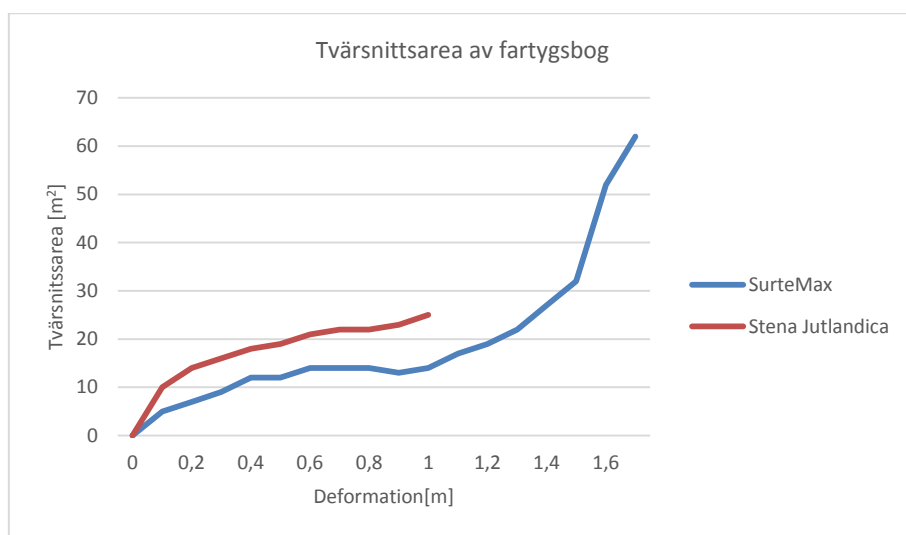
Eventuella kollisioner med Norra kajen sker vid flacka vinklar. Detta innebär att fartyget har, för alla angreppsvinklar analyserade enligt ovan, tillräckligt med rörelseenergi längs med kajen för att efter kollision fortsatt ha fart i kajens längsriktning. Maximal beräknad kraftpåkänning, deformation samt inträngning tvärs kajen är beräknad till 52,5 MN, 1,33 m respektive 3,33 m för fallet $\alpha = 60^\circ$. För angreppsvinklar $\alpha \leq 30^\circ$ kan nämnas att den beräknade farten längs med kaj efter kollision är närmast 100% (max: 98,9%) av fartygets initiala fart längs med x-axeln i det fartygsfasta koordinatsystemet. Farten förväntas dock avta snabbt till följd av den bromsande kontakten med kajen.



Figur 4.6. Kraftpåkänning, deformation samt total inträngning för kollision med Norra kajen. Notera att eftersom fartnedsättningen vid en kraftig gir antas bli 1-2 knop, redovisas krafter och inträngningar för 50 och 60 graders påseglingensvinklar endast upp till 7 respektive 6 knops fart.

Även tvärsnittsarean för fartygens bogar i de tvärsnitt som är relevanta för kollisionsscenariona har uppskattats, dvs. den bogarea som är i kontakt med kajen under kollisionsförloppet. Figuren nedan visar hur tvärsnittsarean ökar vid förflyttning akterut, in i fartyget, från fartygets initiala kontaktpunkt med kajen. Denna uppskattning är gjord för scenariot $\alpha=90^\circ$.

Som synes är den maximala tvärsnittsarean för Stena Jutlandica ca 25 m² för den maximala beräknade deformationen från fallet där farten är 4 knop. För ett SurteMax är den maximala tvärsnittsarean uppskattad till ca 62 m² för fallet där farten är 8 knop. Notera att för alla beräknade scenarier med Stena Jutlandica är det endast bulben som är i kontakt med kajen, därav den relativt flacka kurvan. För ett SurteMax innebär dock kollisioner vid de högre farterna att även stäven kommer i kontakt med kajen vilket medför en relativt kraftig ökning av tvärsnittsarean vid större deformationsdjup.



Figur 4.7. Tvärsnittsareor som funktion av deformationslängd

4.4 Kollisioner och andra fartygsolyckor i Järnvågens närhet

Utöver de påseglingsscenarier som identifierats och beskrivits i föregående avsnitt 4.1 – 4.2 har ytterligare ett antal möjliga olycksscenarion som påverkas av Järnvägsutbyggnaden identifierats.

4.4.1 Kollision mellan passagerarfärja i kollektivtrafik och passerande älvfartyg

Den reguljära passagerarbåtstrafiken som förbinder norra och södra älvstränderna korsar trafikflödet som passerar farleden utanför Järnvågen och vidare till/från Frihamnen, Göta älv och Trollhätte kanal. Farledskorsningarna innebär att risk för kollisioner kan uppstå. Motsvarande antal korsningar sker även med dagens trafik och under förutsättning att siktvinklar, avstånd mellan tilläggsplatser/vändutrymmen och farledsrännan inte avsevärt förändras, förväntas inte riskbilden förändras väsentligt jämfört med dagens situation.

Den planerade terminalen vid Järnvågen omfattar två tilläggsplatser för stävtilläggning som avses utnyttjas för tidtabellbunden trafik. Tilläggsplatsen vid Järnvågen kommer att hamna ca 50 m från farledskanten, vilket är ungefär det samma som avståndet till farledskanten vid tilläggsplatsen vid Stenpiren. Utformningen av tilläggsplatsen, som antas vara av betydelse för riskerna, har dock ännu inte fastställts. En utformning som innebär att tilläggning inte sker med aktern rakt ut från kajen anses vara fördelaktigt. Jämfört med Stenpiren minskas överfartssträckan till Lindholmspiren från ca 1 200 m till ca 700 m.

Sannolikhet för kollisioner

Idag trafikerar Linje 286 Älvsnabbare och Linje 285 Älvsnabben sträckan Stenpiren Lindholmspiren, som korsar älvfarleden utanför Järnvågen. Efter utbyggnad av Järnvågen antas Linje 286 Älvsnabbare och dess två färjor Älveli och Älvfrida trafikera sträckan från den nya tilläggsplatsen på Järnvågen. Dagens tidtabell omfattar 107 dagliga avgångar måndag till fredag, dvs drygt 52 000 passager (båda riktningar inkluderade) per år över älven. Totalt sett förändras inte antalet korsande passager med kollektivtrafikfärjor över älven genom att tilläggsplatsen för Linje 286 flyttas från Stenpiren till Järnvågen jämfört med dagens trafik, men på grund av kortare distans finns eventuellt utrymme att låta Älveli och Älvfrida göra ännu fler turer än idag.

Antalet passager av älvfartyg omfattar idag ca 4-5 fartyg per dag och om framtida ombyggnad av Trollhätte kanal och slussar leder till ökad fartygstrafik till Väneren kan älvtrafiken på sikt väntas omfatta ca 10 passager per dygn. Den andel av älvtrafiken som behöver broöppning av den planerade nya Hisingsbron kommer dock inte passera Järnvågen och korsa Linje 286 Älvsnabbare under de mest högtrafikerade perioderna eftersom broöppning endast sker under lågtrafikperioden.

Passagerarfärjorna är relativt små och har mycket goda manöveregenskaper och interaktion med passerande älvfartyg bedöms därför inte vålla svårigheter eller problem under normala betingelser. Det finns gott om utrymme för färjorna att passera på endera sidan av ett passerande älvfartyg. Genom färjornas dubbeländade utformning elimineras backnings- och vändningsmanöver i älven. Förutom den visuella informationen om trafikläget som färjan har, så ger radar, AIS och VTS värdefull kompletterande information i mörker och dålig sikt och sannolikheten för allvarliga kollisionsolyckor bedöms därför som mycket låg.

Konsekvenser av kollisioner

Färjorna i kollektivtrafiken kan ha upp till 298 passagerare och 80 cyklar och en kollision med älvfartyg som under rät vinkel seglar in i sidan av färjan med en fart av 5-6 knop skulle sannolikt få allvarliga konsekvenser med stora materiella skador, personskador och enstaka dödsfall.

4.4.2 Kollisions- eller brandolyckor med fartyg lastade med farligt gods mm

Farligt gods transporteras i älvtrafiken både i bulk och som förpackat gods. Bulktransporterna sker i fartyg med dubbelbotten och risken för utsläpp vid kollision- eller påseglingsolyckor bedöms vara relativt låg eftersom farten är relativt låg vid passage av Järnvågen. Av samma skäl bedöms sannolikheten för att förpackat farligt gods skall läcka ut eller på annat sätt utgöra en fara för omgivande verksamhet vid en fartygsolycka som liten.

Vad avser farligt gods bedöms den föreslagna utbyggnaden av Järnvågen inte leda till ökad riskexponering för verksamheter eller allmänheten inom området.

Vid den till Järnvågens norra hörn angränsande kajen på Skeppsbron vid den s.k. Nocken, lossas brännolja av låg brandfarlighetsklass för Göteborgs Energi till Rosenlundverket vid storleksordningen tio tillfällen per år.

4.4.3 Kollisionsolyckor mellan färjor i kollektivtrafik

Idag innebär frekventa tilläggningar, avgångar och vändningsmanövrar vid den nya terminalen vid Stenpiren att avstånden mellan färjorna ofta är små och mindre allvarliga kollisioner eller ombordläggningar kan förväntas inträffa. Dessa risker kommer att minska genom att trafiken med Linje 286 Älvsnabbare flyttas till den nya tilläggsplatsen vid Järnvågen.

4.4.4 Kollisionsolyckor med turistbåtar

De s.k. Paddanbåtarna som under sommartid sedan länge kör sightseeingturer i hamnen och kanalerna väntas i framtiden även regelbundet passera längs Järnvågen norra kaj och vika av in längs den östra kajen och vidare in i Rosenlundskanalen. Deras utformning med låga fribord och stora

däcksöppningar för passagerare gör att de bedöms särskilt känsliga för kollisioner där ett större fartyg träffar sidan av Paddan. Även vid låga farter leder en sådan kollision sannolikt till att Paddan vattenfylls och att passagerarna måste evakueras eller räddas ur vattnet. Sannolikheten för denna typ av olyckor bedöms dock inte påverkas av den nya utbyggnaden vid Järnvågen och under senare år har säkerheten höjts genom att Paddan försetts med AIS vilket underlättar upptäckt och därmed förebygger kollisionsrisken.

4.4.5 Inverkan av skymd sikt och bländande belysning

Vid diskussion om eventuella risker vid avgång från kajplats 24-25 diskuterades frågan om de planerade byggnaderna på Järnvågen skulle kunna skymma sikten uppströms älven. Om exempelvis nedströmsgående fartyg utanför Skeppsbron eller Järnvågen skulle vara skymda från Stena Jutlandicas kommandobrygga vid avgång från kajplats 24-25 skulle fara för kollision kunna uppstå. Utifrån planerade lägen och höjder av byggnader och fartygets dimensioner, visas dock i simuleringsrapporten (SSPA, 2016) att Stena Jutlandica bedöms få en god uppsikt över trafiken på älven från babords bryggvinge.

I mörker kan eventuellt belysning i och på husen försvåra synbarheten av ljussvaga lanternor nära siktgränsen.

4.5 Fritidsbåtarnas påverkan på riskbilden

Under sommarsäsongen väntas, liksom idag, en fortsatt intensiv fritidsbåtstrafik utanför Järnvågen mot Göta älv, mot befintlig fritidsbåthamn vid Lilla Bommen. Inga tilläggsplatser för fritidsbåtar planeras för Järnvågen och ingen förändring av denna riskbild förväntas därför.

4.6 Indirekta risker

Redan vid det inledande riskidentifieringsmötet i samband med Skeppsbroprojektet identifierades risken att sårbarhet, svallstörningar och skaderisker för de nya anläggningarna i farledens närhet skulle kunna påkalla fartreduktioner för den passerande sjötrafiken. Sådana indirekta konsekvenser bedöms allvarliga eftersom tillåten hastighet redan är begränsad och ytterligare begränsning skulle försvåra säker manövrering.

5 RISKVÄRDERING

Det finns inga officiella kvantitativa riktlinjer eller acceptanskriterier för vilka risker som kan anses tolerabla för den typ av maritima påseglingsrisker och kajnära byggande som undersöks i denna studie. Äldre byggnader och hamnnära anläggningar har i många fall projekterats utan särskild hänsyn till påseglingsriskerna. Det kan därför vara möjligt att hitta andra platser där det uppenbart finns större påseglingsrisker men dessa skall för den sakens skull inte nyttjas som referens eller riktvärde för vilka risker som kan accepteras vid projektering av nya anläggningar och verksamhet. Idag granskas de flesta kajnära nybyggnadsprojekt vad avser maritima påseglingsrisker och generellt sett finns inga skäl till att acceptera att människor som vistas, bor eller arbetar i kajnära byggnader skall exponeras för större risker än i andra byggnader i staden.

Personer som vistas på kajer eller nyttjar passagerarbåtarna i den sjöburna kollektivtrafiken exponeras oundvikligen för en annan riskbild än de som befinner sig längre in i staden men har i någon mån möjlighet att välja var och hur man färdas över älven. Ett rimligt riktvärde för den totala risknivån, inklusive möjliga påseglingsscenarier, i ett område som nya Järnvågen är att den inte skall innebära högre riskexponeringsnivåer än de som anses acceptabla i andra nya stadsmiljöer med olika trafikslag.

Baserat på de bedömningar av särskilt viktiga olycksscenarier som identifierats och tillhörande sannolikhets- och konsekvensbedömningar kan en riskmatris enligt figuren nedan ställas upp. Riskmatrisen ger vägledning om vilka olyckstyper som eventuellt avviker från den övriga risknivån och för vilka typer av händelser som särskilda riskreducerande åtgärder bedöms mest angelägna.

De i förgående kapitel särskilt belysta och analyserade riskscenarierna har i Tabell 5.1 klassificeras i 5-gradiga skalor med avseende på sannolikhet för, och konsekvenser av, respektive scenarier.

Tabell 5.1. Riskmatris för relativ värdering av olika identifierade olycksscenarioer som i analysfasen bedöms ligga inom det gulmarkerade ALARP området.

Konsekvens Frekvens	1 Försumbar	2 Mindre	3 Medium	4 Stor/ betydlig	5 Katastrofal/ stor
5 Frekvent					
4 Stor sannolikhet					
3 Troligt		E	B		
2 Möjligt			D	A, F	
1 Liten sannolikhet				C	G

De i tabellen ovan angivna och nedan beskrivna olyckstyperna bedöms ha ett riskindex av 5 eller 6 och ligger inom det s.k. ALARP området (As Low As Reasonably Possible) inom vilket det är angeläget att vidta åtgärder för att minska riskerna så långt möjligt. Förslag till riskreducerande åtgärder och påseglingsskydd diskuteras och beskrivs mer detaljerat i nästa kapitel.

Inga av de identifierade och analyserade riskerna bedöms i dagsläget ligga inom det röda oacceptabla området. För olyckstyper som bedöms ligga inom det gröna området av tolerabla risker har ingen närmare analys gjorts och inga åtgärdsförslag har diskuterats eller föreslagits specifikt för att påverka dessa risker.

Tabell 5.2. Riskindex för analyserade risker och bedömd riskreduktion efter åtgärd

<i>Id</i>	<i>Olycksscenario, beskrivning</i>	<i>Risk index</i>	<i>Typ av åtgärd, riskreduktion</i>
A	Påsegling östra kajen pga feltyp iii) blackout med SurteMax och penetrationsskada av byggnad X	6	Påseglingsskyddande bro/ledverk vid Nocken
B	Påsegling av Älvsnabbares tilläggsplats pga feltyp ii) mänskligt fel med passerande fartyg på älven	6	Undvik trängsel med väntade resenärer på pontonen
C	Påsegling av Älvsnabbares tilläggsplats pga feltyp iii) blackout med Stena Jutlandica	5	Undvik trängsel med väntade resenärer på pontonen

D	Påsegling av västra kajen med Stena Jutlandica pga feltyp iii) på blackout med Stena Jutlandica	5	Rätt fart och rutiner för manuell styrning
E	Hårda kajkontakter med Älvsnabbare vid Järnvågen	5	Träning, operationella rutiner
F	Kollision där Paddanbåt skadas och vattenfylls	5	Sannolikhet har sänkts genom AIS
G	Kollision där stort älvfartyg med fart seglar in vinkelrätt i sidan på en fullastad Älvsnabbare	5	Väl etablerade procedurer för trafikinformation och operationella rutiner

5.1 Kriterier

Det finns inga föreskrivande regler 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 tolerabla risker inom olika samhällssektorer. Även i Sverige finns föreslagna acceptanskriterier som anses vara tillämpbara för industrianläggningar och i vissa fall för byggande och planering med hänsyn till transporter av farligt gods.

En övre gräns för individrisk¹ som kan tolereras under vissa förutsättningar anges till 10^{-5} per år.

Den undre gränsen för individrisk, inom det område där risker kan anses som små, är 10^{-7} per år och motsvarar ungefär risken att förolyckas på grund av naturolyckor såsom exempelvis blixtnedslag.

Vad gäller samhällsrisk² ges gränserna för ALARP-området av intervallet mellan 10^{-4} och 10^{-6} per år, för olyckor med ett dödsfall och med en lutning (log-log skala) av -1 för olyckor med flera dödsfall.

5.2 Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys

Osäkerheter i den presenterade riskanalysen uppkommer bland annat av följande faktorer, och inverkar på de slutliga bedömningarna, enligt nedan:

- Dataunderlag – till exempel trafikstatistik, prognoser – *måttliga osäkerheter*.

¹ Individrisk - oftast risken att omkomma i en olycka - uttrycks vanligen som risk per år.

² Samhällsrisk - kollektiv risk, inkluderar risker för allmänheten som utsätts för en risk även om detta bara sker vid enstaka tillfällen. Samhällsrisk kvantifieras ofta med hjälp av s.k. FN-kurvor som anger samband mellan olycksfrekvenser och ackumulerade konsekvenser i form av antal omkomna.

- Val av representativa fartyg och uppskattning av displacement – *små osäkerheter*.
- Antaganden om möjliga påseglingsförlopp – orsaker, girradier, fartminskande åtgärder m.m. – *relativt stora osäkerheter*.
- Statistiska/empiriska sannolikhetsvärden för olika typer av fel och antaganden om kritiska sträckor och tidsperioder för när felen kan uppstå – *stor osäkerhet*.
- Uppskattning av möjliga konsekvenser – antal skadade vid påsegling, var vistas boende - *stor osäkerhet*.

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

6 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

För Skeppsbron planeras olika typer av påseglingsskydd i form av grundbankar och särskilda systematiska simuleringsstudier gjordes för att utreda stoppsträckor och kajinträngning för alternativa utformningar av grundbankar och för olika fartyg, hastigheter och påseglingsvinklar. För Järnvågen är denna typ av påseglingsskyddande grund dock inte aktuella eftersom Järnvågens kajer kommer att utföras som spontkajer med vertikal utsida. Påseglingskrafter och inträngningsdjup för vertikala spontkajer beskrivs i kapitel 4.3.2.

6.1 Kajnära bostadsbyggnader

Tack vare Järnvågens kajkonstruktion med spontad vertikal utsida, visar gjorda beräkningar att kajinträngningen för identifierade möjliga påseglingsscenarion är relativt små och att alla byggnaders placering, utom en hörnbyggnad är tillräckligt skyddade mot direkt fasadkontakt vid en eventuell påsegling. De beräknade påseglingskrafterna för de stora dimensionerande fartygen är emellertid stora och även om kajdeformationen är måttlig är det också viktigt att kajen och bakomliggande konstruktion och massor utformas så att inte påseglingskrafterna kan fortplantas till byggnadernas grundläggning.

6.1.1 Särskilt exponerad hörnbyggnad vid östra kajen

Som framgår av Figur 4.2 är byggnaden med beteckning X belägen med fasadliv vid kajkanten och storleksordningen halva den östra fasaden och hörnet mot nordost kan tänkas träffas vid en påsegling av nedströmsgående fartyg. Sannolikheten för påsegling påverkas av Nockens utformning på Skeppsbron och den icke snedkapade utformningen ger ett betydligt bättre skydd mot påsegling än den snedkapade. En snedkapad utformning skulle kunna utformas med en grund del under vattenspegeln som fungerar som påseglingsskydd.

Den inritade bron är utformad som en svängbro med vertikalaxel utanför Nockens nordvästra hörn. Om bron inte byggs och om Nocken utformas med snedkapning, så bör någon form av påseglingsskydd anordnas eftersom påseglingssannolikheten för den del av östra kajen där den exponerade hörnbyggnaden är belägen inte kan anses försumbar. Returperioden för en träff mot den påseglingsbara delen uppskattas enligt Tabell 4.1. till 62 år (2030) och om byggnadens längd antas utgöra en tredjedel av den påseglingsbara kajlängden blir motsvarande returperiod omkring 190 år vilket är av samma storleksordning som byggnadernas förväntade livslängd.

6.2 Övriga riskreducerande åtgärder mot påsegling och kollisioner

6.2.1 Påsegling av tilläggsplats för Älvsnabbare

Möjliga påseglingsscenarier och risker beror i stor utsträckning på hur Älvsnabbarens tilläggsplats utformas och placeras. För den utformning som är utgångspunkt för denna analys finns två möjliga tilläggsplatser. Användning av den västra platsen bör undvikas då fartyg av Stena Jutlandicas storlek manövrerar till eller från kajplats 24-25. Även om direktkontakt mellan fartyg inte uppkommer så kan exempelvis propellerströmmar ge störningar som äventyrar säker manövrering och förtöjning av Älvsnabbare.

Identifierade möjliga påseglingsscenarier kan ske i upp till 5 knop (ca 2,6 m/s). Låg fart gör det möjligt för de flesta personer att springa undan om en överhängande påseglingsrisk observeras och om inga räcken eller andra barriärer förhindrar att personer sätter sig i säkerhet innanför kajkanten. Detta betraktelsesätt innebär också att det är önskvärt att tilläggningspontonen utformas så att väntade passagerare inte onödigtvis uppehåller sig på pontonen och så att den snabbt kan evakueras vid överhängande påseglingsfara. Embarkering och debarkering bedöms också kunna ske snabbare om trängsel undviks där väntande passagerare uppehåller sig.

6.2.2 Kollision mellan passagerarfärja i kollektivtrafik och passerande älvfartyg

Redan vid analys av Skeppsbron identifierades att noggranna rutiner för informationsutbyte om älvtrafiken är viktigt för att minimera riskerna för kollisioner mellan passagerarfärjor i kollektivtrafik och passerande älvfartyg. Utbyggnad av Järnvågen och flyttning av Linje 286 från Stenpiren till Järnvågen innebär att passagetiden för Älvsnabbaren blir kortare och att det blir mindre trångt att manövrera för färjorna vid Stenpiren. Införandet av lättmanövrerade dubbeländade färjor med god "runt om"-sikt bedöms också ha bidragit till att reducera riskerna för kollisioner.

Under samrådsprocessen för Skeppsbron och under "full mission"-simuleringarna poängterades vikten av att etablera noggranna procedurer för hur information om trafikläget skall kommuniceras och vilka rutiner för avgång, ankomst och vägval som färjetrafiken skall tillämpa vid olika trafiksituationer och väderbetingelser. Dessa procedurer förutsätts utarbetas av rederiet som opererar färjetrafiken i samråd med hamnmyndigheten, Sjöfartsverkets VTS och lotsar samt representanter från Transportstyrelsen och dokumenteras som en del av rederiets sjösäkerhetsorganisation enligt ISM-koden (International Safety Management).

Procedurerna kan omfatta regler för vilken information som skall meddelas till och inhämtas från VTS, andra färjor som trafikerar knutpunkten, andra fartyg, brovakten på Göta älvbron m.fl. Inom gällande regelverk kan de exempelvis

även omfatta rekommendationer för väjningsmanövrar, minsta avstånd vid passage framför passerande älvfartyg liksom särskilda regler att tillämpas vid extrema vind- och siktförhållanden då exempelvis färjorna kan avvakta med passage om särskilt stora eller svårmanövrerade fartyg passerar i älven.

Framtagning av adekvata procedurer ankommer inte på verksamhetsutövaren som söker tillstånd för vattenverksamhet vid Järnvågen och innehållet regleras inte av villkor i miljödomen. Procedurerna är i första hand ett ansvar för operatören av färjetrafiken med Transportstyrelsen som tillsynsmyndighet.

6.2.3 Inverkan av skymd sikt och bländande belysning

Planerade byggnadshöjder och -lägen vid Järnvågen bedöms inte begränsa sikten från kajer och tilläggsplatser på ett sätt som medför risker. I mörker kan dock säker navigation försvåras om störande eller bländande belysning i land gör att svagare lanternor och fyrljus inte kan urskiljas och identifieras. Belysning av fasader och gatubelysning på de sidor av Järnvågen som vetter mot älven och farleden bör därför utformas så att bländande ljus eller ljus som kan förväxlas med lanternor eller fyrljus undviks. Eventuell fasadbelysning av kajsidor eller kajhörn bör utformas i samråd med hamnen och nautisk expertis.

6.3 Indirekta risker

De identifierade indirekta riskerna förebyggs lämpligen genom effektiva åtgärder som reducerar de direkta riskerna. Om de direkta påseglingsriskerna kan reduceras effektivt finns ingen anledning att exempelvis införa ytterligare skärpning av gällande hastighetsbegränsningar.

7 RESULTAT OCH REKOMMENDATIONER

Resultat och rekommendationer har tagits fram under en iterativ process mellan kund och konsulter. Informationsutbyte har skett genom möten och riskidentifierings-workshop och olika teoretiska beräkningsmodeller för olyckssannolikheter och -konsekvenser i området har använts för ta fram kvantitativa riskresultat.

Ett antal maritima risker relaterade till själva utbyggnaden och utformningen av den nya Järnvågen har analyserats men endast ett fåtal av dessa risker bedöms vara av sådan omfattning att riskreducerande åtgärder motiveras. Av de möjliga och alternativa riskreducerande åtgärder som diskuterats rekommenderas i första hand att åtgärderna nedan bör genomföras eller vara vägledande för fortsatt detaljplanering och konstruktion av anläggningarna:

7.1 Skydd av kajnära byggnader

Olycksstatistik och teoretiska uppskattningar indikerar att sannolikheten för påseglingsolyckor bör beaktas vid utformning och dimensionering av kajanläggningarna och närliggande byggnader. Den planerade Järnvågsutbyggnaden ligger i ytterkröken av en farledsböj och scenarier vid vilka passerande fartyg misslyckas med giren bedöms mest troliga. Beräkningar för olika möjliga påseglingsscenarier visar att aktuella dimensionerande fartygsstorlekar inte ger kajinträngningar som direkt kan skada planerade byggnader utom i ett fall. Beräkningarna tar hänsyn till energiupptagning genom deformation av fartyg och till de friktionskrafter som uppstår och ger vägledning för hur kajer bör dimensioneras och konstrueras för att förebygga överföring av påseglingsskrafter till byggnadernas grundläggning.

- Nordöstra hörnet och norra delen av den ostliga fasaden av skisserad hörnbyggnad i nordost, betecknad med X i Figur 4.3, bör skyddas mot påsegling av nedströmsgående fartyg. Alternativa utformningar av Nocken vid Skeppsbron eller ledverk vid den skisserade bro som förbinder Nocken med Järnvågen kan erbjuda konstruktionslösningar för påseglingsskydd.
- De spontade vertikala kajsidorna vid Järnvågen kan vid påsegling utsättas för betydande krafter. Det är därför viktigt att konstruktion och fyllning innanför kajen utformas så att möjliga påseglingsskrafter inte fortplantas till byggnadernas grundläggning så att strukturen kan skadas vid påsegling.

7.2 Operationella aspekter och rekommenderade åtgärder

Den identifierade riskbilden för Järnvågen är i många avseenden lik den som tidigare identifierats för Skeppsbron, och därmed är vissa av de operationella åtgärdsförslagen som presenterats för Skeppsbron även tillämpliga för Järnvågen.

- Den västra av de två tilläggsplatserna vid Älvsnabbarens tilläggsplats på Järnvågen bör betraktas som en reservplats och inte användas då fartyg manövreras till eller från kajplats 24-25.
- Väletablerade säkerhetsprocedurer som tränats och förankrats hos all personal är viktiga för alla fartygsoperatörer i området. Det är särskilt viktigt att sådana upprättas och tillämpas hos operatören för färjetrafiken. Procedurer för hur information om trafikläget skall kommuniceras och vilka rutiner för avgång, ankomst och vägval som färjetrafiken skall tillämpa vid olika trafiksituationer och väderbetingelser utarbetas av rederiet i samråd med berörda myndigheter och övriga trafikintressenter i området.
- Förutsättningarna för VTS Göteborg att tillhandahålla relevant information om aktuellt trafikläge och väntade fartygspassager utanför Skeppsbron och Järnvågen diskuterades i samband med riskanalysen för Skeppsbron. Sedan 2013 har dessa förutsättningar förbättrats genom en uppströms utvidgning av VTS-området, med en anmälningsspunkt för nedströmsgående fartyg vid Lärje samt en ny radar vid Sävås mynning för övervakning av området mellan Göta älvbron och Marieholmsbron, (TSFS, 2013:8).

7.3 Sammanvägd riskbedömning

Sammanvägning av rekommendationer angående kajkonstruktion, påseglingsskydd för särskilt utsatt byggnad och operationella åtgärder visar att den förslagna utbyggnaden av Järnvågen kan genomföras på ett sätt som säkerställer att högt ställda säkerhetskrav kan tillgodoses i dag och även vid en förväntad framtida ökning av sjötrafiken i älven.

8 REFERENCES

- Areslätt, H. (2016). *Åsa Verneresson har fått bekräftat av Hanna Areslätt att Göteborgs Hamn AB sagt upp hyresavtalet för Frihamn till oktober 2017 (E-post till SSPA 26 jan).*
- Eurocode1_1-7. (2008). *Eurokode 1: Laster på Konstruksjoner, Del 1-7: Allmenne laster, Ulykkelaster NS-EN 1991-1-7:2006+NA:2008.*
- Göteborgs Hamn. (den 22 maj 2015). *Cruise calls annonounced for 2015.* Hämtat från Göteborgs Hamn:
http://www.goteborgshamn.se/Documents/Kryssningsanl%C3%B6p/Crusie_calls_150331.pdf?epslanguage=sv
- SSPA. (2016). *Rapport RE20146934-01-00-A. Manöversimuleringar med Stena Jutlandica, Masthuggsterminalen, kaj 24-25.*
- Sweco. (2016a). *PM Hydrodynamiska modellering av Göta Älv 2016-01-13.*
- Sweco. (2016b). *Tilläggsplats för oljebåt vid "Nocken". Sweco Civil, PM 2016-03-03.*
- Trafikverket. (2013). *Trafikslagsövergripande stråkstudie och åtgärdsvalsanalys, Göta älv-Vänerstråket 2013-04-04.*
- Trafikverket. (feb2013). *Trafikslagsovergripande stråkstudie Göta älv - Vänerstråket - Kort sammanfattning.*
- TSFS. (2013:8). *Föreskrifter om ändring i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2009:56) om sjötrafikinformationstjänst (VTS) ochsjötrafikrapporteringssystem (SRS); 4 mars 2013.* Transportstyrelsen.
- Zhang, S. (1999). *The Mechanics of Ship Collisions. Dep of Naval Architectureand Offshore Engineering, Technical University Denmark, DTU.*
- SSPA Rapport RE20146934-01-00-B. *Manöversimuleringar av Stena Jutlandica, Masthuggsterminalen, kaj 24-25. 2016.*
- SSPA Rapport RE20115916-02-00-A. *Skeppsbron – Maritim riskbedömning, Huvudrapport*
- SSPA Rapport 20116106-1, *"Full Mission"-simulering av fartygspassage av nya kajanläggningar.* Rapport till Sweco Environment.
- SSPA Rapport RE20115916-02-00-B, *Simulering av påseglingsscenarier i "desk top"-miljö.* Rapport till Sweco Environment.
- Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms.*
SSPA Projekt 2005 4028, januari 2008.
- Kristiansen Svein, *Maritime Transportation – Safety Mangement and Risk Analysis.* 2005
- Offshore-Windpark Kriegers Flak, Technische Risikoanalyse, Bericht Nr ERI 2003.54. Germanische Lloyd, GL 2003.
- Göteborgs Hamn. (den 22 maj 2015). *Cruise calls annonounced for 2015.* Hämtat från Göteborgs Hamn: http://www.goteborgshamn.se/Documents/Kryssningsanl%C3%B6p/Crusie_calls_150331.pdf?epslanguage=sv

APPENDIX 1

HAZID-FORMULÄR OCH TILLÄGG ANG KAJPLATS FÖR OLJEBÅT VID SKEPPSBRON

ID	Fara	Orsaker	Omedelbara och slutgiltiga konsekvenser	Förslag på säkerhetsåtgärder	Kommentarer
A	Sjöfartsrelaterade risker				
A1	Påsegling land/kajliggande fartyg, med fartyg > 50 m				
A1:1	Uppströmsgående kanalfartyg*	Blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri	Påsegling v-sida av Järnvägs kajen, skada på människor, fartyg, kaj och byggnader	Påseglingsskydd	Stena Scanrail ligger i gir genom passagen vilket vid en blackout ger stora konsekvenser, men trafiken med Stena Scanrail upphör 2015 vilket bör minska risken.
A1:4	Uppströmsgående kanalfartyg	Blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri	Påsegling kollektivtrafikbåtar, tredje person i riskzon (antal?)	Påseglingsskydd	Färre kollektivtrafikbåtar än vid Skeppsbron, men ev. större risk pga mer utsatt kajläge för kollektivtrafiken
A1:5	Uppströmsgående kanalfartyg	Väder och vind, mänskliga faktorn	Påsegling södra kajen, skada på fartyg Påsegling v-sida av Järnvägs kajen, skada på människor, fartyg, kaj och byggnader	Påseglingsskydd,	Människor, Kajer och kajnära byggnader kan skadas
A1:8	Uppströmsgående kanalfartyg	Väder och vind, mänskliga faktorn	Påsegling pendeltrafik, tredje person i riskzon (antal?)	Påseglingsskydd, navigatoriska hjälpmedel, bättre information	Färre kajplatser vid Järnvägen än vid Skeppsbron. Men ev. större risk pga mer utsatt kajläge för kollektivtrafiken
A1:9	Uppströmsgående kanalfartyg	Bländning	Stör avståndbedömning, förhöjd kollisionsrisk?	Korrekt belysning	
A1:10	Nedströmsgående kanalfartyg				Strömmen ökar farten och risken för kollisioner
A1:14	Nedströmsgående kanalfartyg	Väder och vind, mänskliga faktorn	Påsegling pendeltrafik, tredje person i riskzon (antal?)	Påseglingsskydd, navigatoriska hjälpmedel, bättre information	Färre kajplatser vid Järnvägen än vid Skeppsbron. Men ev. större risk pga mer utsatt kajläge för kollektivtrafiken
A1:15	Nedströmsgående kanalfartyg	Bländning	Stör avståndbedömning, förhöjd kollisionsrisk?	Korrekt belysning	
A1:23	Stena Line- färja angöring	Blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri	Påsegling v-sida nya MHkajen, skada på fartyg, kaj och byggnader		Större fartyg än de maxfartyg som tidigare använts för kajpåseglingskonsekvensberäkningar
A1:24	Stena Line- färja avgång	Blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri	Påsegling v-sida Järnvägs kajen, skada på människor, fartyg, kaj och byggnader		
A1:25	Stena Line-färja angöring	Blackout, maskinhaveri, tekniska problem, roderhaveri	Påsegling v-sida Järnvägs kajen, skada på människor, fartyg, kaj och byggnader		Mindre plats för vattenförsjutning och därmed svårare parallellförflyttning

A2	Påsegling land/kajliggande fartyg med fartyg < 50 m				
A2:1	Kollektivtrafik	Handhavandeproblem, tekniska problem, mänskliga faktorn	Påsegling kaj		Riskenivån beroende av typ av fartyg
A2:2	Kollektivtrafik	Handhavandeproblem, tekniska problem, mänskliga faktorn	Kollisioner/påsegling mellan fartyg		Riskenivån beroende av interaktion både mellan rederier och inom rederier. Kortare distans för Älvsnabbaren minskar risker (jfr Stenpiren). Färre tilläggsplatser mindre risker men ev. större risk pga mer utsatt kajläge för kollektivtrafiken
A2:3	Kollektivtrafik	Väder och vind	Påsegling kaj		
A2:4	Kollektivtrafik	Väder och vind	Kollisioner mellan fartyg		Nya dubbeländade färjor vänder ej (men mer vindkänsliga). Eventuellt högre risk pga mer väderutsatt kajläge för kollektivtrafiken Järnvågen.
A2:5	Turistbåtar				Dock inga turistbåtskajer på Järnvågskajen
A2:6	Fritidsbåtar				Mindre sannolikhet då ingen fritidsbåthamn planeras vid Järnvågen
A2:7	Kollektivtrafikbåtar	Förändrade strömförhållanden, propellerinducerade strömmar Stena-färjor	Påsegling n-sida Järnvågskajen, skada på människor, fartyg, kaj och byggnader		
A3	Kollision mötande i farled				
A3:1	Mellan stora fartyg (> 50m)	Minskat utrymme för undanmanöver vid problem	Kollisioner mellan fartyg	Avstängning av trafik/mötande	Ökad risk pga upplevd förträngning av farleden, även nya Göta Älv-bron kan leda till större trafiktäthet vid vissa tider på dygnet.
A3:2	Mellan små fartyg (< 50m)	Minskat utrymme för undanmanöver vid problem	Kollisioner mellan fartyg	Avstängning av trafik/mötande. Mindre fartyg kan mötas.	Ökad risk pga upplevd förträngning av farleden, även nya Göta Älv-bron kan leda till större trafiktäthet vid vissa tider på dygnet. Dock ingen ökad fritidsbåtstrafik, därav lägre risk/sannolikhet
A3:3	Mellan olika fartyg	Minskat utrymme för undanmanöver vid problem	Kollisioner mellan fartyg	Avstängning av trafik/mötande	Ökad risk pga upplevd förträngning av farleden, även nya Göta Älv-bron kan leda till större trafiktäthet vid vissa tider på dygnet. Manöverutrymmet minskar då fritidsbåtarna går direkt ut i leden, kombinerat med ökad frekvens av fritidsbåtar vilket medför ökad kollisionsrisk.
A4	Kollision korsande i farled				
A4:1	Kanalfartyg- Kollektivtrafik		Kollisioner mellan fartyg	Alternativa farleder	Ökad korsande trafik i området, främst sommartid
A4:4	Övriga > 50m - Kollektivtrafik		Kollisioner mellan fartyg	Alternativa farleder	Exempelvis kryssningsfartyg, som dock förväntas upphöra 2025
A4:7	Kollektivtrafik-övriga	Försämrade sikt pga byggnader	Kollisioner mellan fartyg		God sikt från ny kollektivtrafiktilläggsplats
A4:8	Paddanbåtar - övriga	Försämrade sikt pga byggnader	Kollisioner mellan fartyg		Låg båt - högre kajer - dålig sikt
A5	Kollision, hamnbassänger				
A5:1	Kollektivtrafikhamn				Vid en utökad trafik ökar riskerna, i övrigt låg. Färre tilläggsplatser ger lägre risk
A5:4	Kajplats Rosenlundsverket	Svårare, trängre för m/s Tamina att manövrera in till- och utifrån kajplats pga förändrade strömförhållanden och siktförhållanden när ny kaj byggs	Kollision med kaj, byggnader		Förutsättningar för att manövrera in Tamina säkert till avsedd kaj prövas/värderas

B	Verksamhetsrelaterade risker				
B1	Explosion/brand				
B1:1	Passerande				mindre passerande farligt gods då Stena Scanrail upphört
B1:4	m/s Tamina	Ev. dieselhantering	Brand och explosion		Olja som används i Rosenlundsverket förnärvarande kan behöva ersättas med annan oljeprodukt, tex diesel pga skärpta utsläppskrav. Ev framtida förändringar av bränsle i Rosenlund må prövas då i framtida separat DP-ärende.
B2	Utsläpp				
B2:1	Passerande				Oförändrat
B2:2	Inneliggande-kollektivtrafik				Oförändrat
B2:6	m/s Tamina	Kollision med kaj eller annat fartyg pga försvårade förhållanden i kanalen	Oljeutsläpp		Förutsättningar för att manövrera in Tamina säkert till avsedd kaj prövas/värderas
B3	Haverier (sjunk./rep.)				
B3:1	Passerande				Oförändrat
B3:2	Inneliggande-kollektivtrafik				Oförändrat
C	Övriga risker				
C1	Hinder, kanalfart				
C1:1	Fartreduktioner		Minskad kursstabilitet; sämre styrförmåga osv.	Ingen fartreduktion	6 knop är minimum för att bibehålla kursstabiliteten för stora fartyg
C1:2	Buller				Buller från fartygen i leden bör tas med i projektering av bostäderna.
C1:3	Isförekomst	Passerande is fångas upp	Minskad framkomlighet		Isansamling ev möjligt i hörn mot kajpl 25 och Rosenlundskanalen
C1:4	Upplevd farledsbredd				Testad för Skeppsbron vid full-mission simulering
C1:5	Förändrad vågbrytning				
C1:6	Vågor från kollektivtrafikbåtar				Svall kan ev störa solbadare på gradäng
C1:7	Förändrad strömbild				Kan ev påverka vid ankomst/avgång från kajplats 24-25. Minskad kajlängd kan förlänga tilläggningsmanöver

Tillägg till Appendix 1

Tilläggsplats för oljebåt vid "Nocken". Kompletterande information hämtad från PM (Sweco, 2016b)

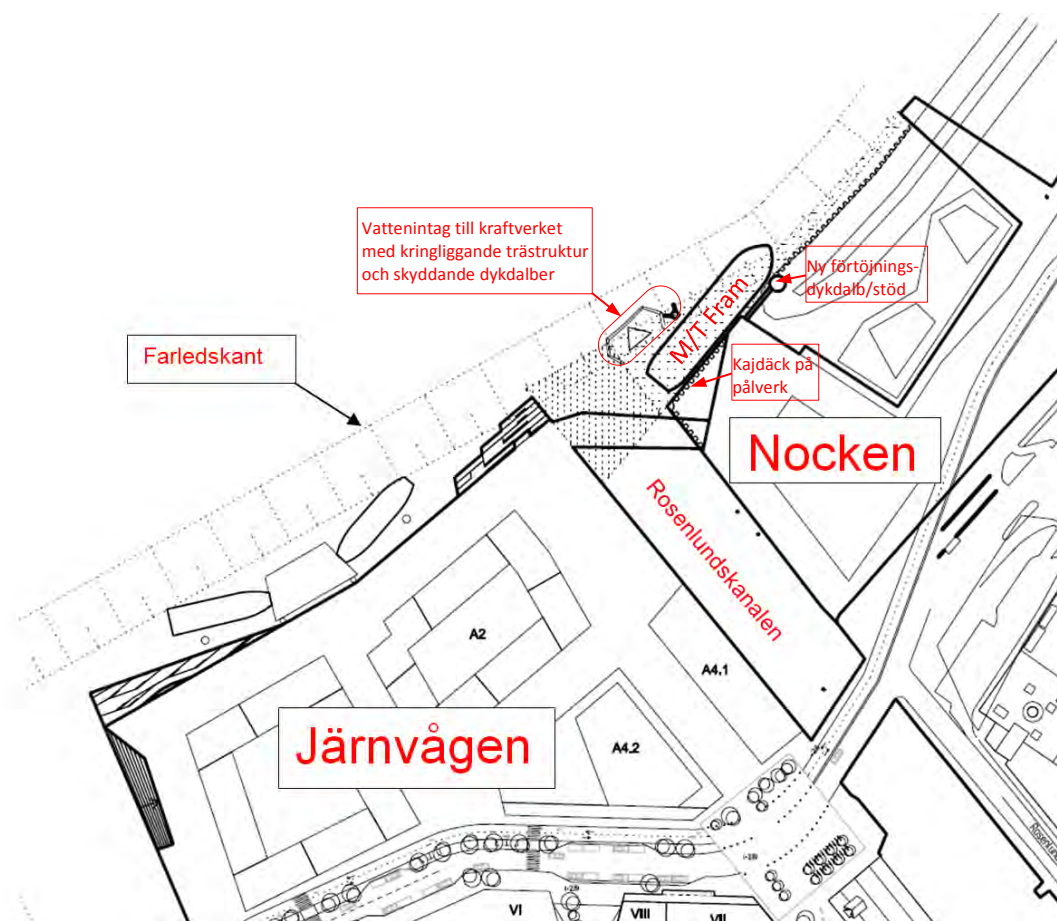
I föregående Hazid-protokoll omnämns identifieras risker och svårigheter med en tänkt tilläggsplats för oljetankfartyg i Rosenlundskanalen i punkterna A5:4 och A2:6.

Figuren nedan visar den nya alternativa utformningen som utarbetats och presenterats efter riskidentifieringsmötet den 17 juni 2015, (Sweco, 2016b).

Den tankfartygstyp och storlek som bedöms kunna bli aktuell är M/T Fram, längd L 56 m, bredd B 12,5 m och djupgående T 4 m. Ramfritt djup vid kajen blir 5,0 m.

Fartyget backar in till kaj från nordost, innanför trädykdalben vid farledskanten. Manövern sker parallellt med strömmen och parallellt med trafikens riktning i farleden. Fartyget förtöjs mot Nockens norra sida och mot stöd/förtöjningsdykdalb i Nockens förlängning.

Den skyddande trästrukturen med dykdalber kring vattenintaget bedöms inte vara dimensionerad för kontaktkrafter med oljebåten men klarningen mot en 12,5 m bred tankbåt blir liten. Därför rekommenderas att kajsidan vid Nocken utformas så att tankbåten kan glida längs en glidbalk eller fender när den manövreras till och från den markerade kajplatsen.



APPENDIX 2 Beräkning av påseglingssannolikhet passerande handelsfartyg

Påseglingssannolihet Järnvågen Göteborg

- ii) upp Misslyckad gir HE : Uppströms (halva flödet) Giren misslyckas pga mänskligt fel, rorgångaren lägger inte roder (human error, HE)
- ii) ned Misslyckad gir HE : Nedströms (halva flödet) Giren misslyckas pga mänskligt fel, rorgångaren lägger inte roder (human error, HE)
- iii) upp Misslyckad gir BO : Uppströms (halva flödet) får black out då giren initieras eller under giren (Tekniskt fel, BO) och får för stor radie/liten rate
- iii) ned Misslyckad gir BO : Nedströms (halva flödet) får black out då giren initieras eller under giren (Tekniskt fel, BO) och får för stor radie/liten rate
- i) upp Öönskad gir RODER : Uppströms (halva flödet) - tekniskt fel på rodet uppstår strax innan eller vid passage av kritisk kajlängd så att båten girar i kritisk riktning
- i) ned Öönskad gir RODER : Nedströms (halva flödet) - tekniskt fel på rodet uppstår strax innan eller vid passage av kritisk kajlängd så att båten girar i kritisk riktning

Trafik 2014 upp+ned		Storlek ny indeln	Påseglingssannolikhet hela Järnvågen (200 m)						
7296		Längd L < 30 m	Små konsekvenser vid eventuell påsegling oavsett fart och vinkel						
0			Påseglings-scenario	Påseglings-vinkel	Påseglings-fart [knop]	Trafik 2014		Prognos trafik 2030	
AIS DATA 2014						Sannolikhet ggr/år	Returperid år	Sannolikhet ggr/år	Returperid år
14364	Depl 300-1000 m3	ii) Upp Missl gir (HE)	0-25 grad	7	2,2E-02	46	3,2E-02	31	
	Längd 30 - 50 m	ii) Ned Missl gir (HE)		7	2,2E-02	46	3,2E-02	31	
		iii) Upp Missl-gir (BO)	70-90 grad	5	2,6E-02	39	3,8E-02	26	
Prognos 2030; faktor % = 50		iii) Ned Missl-gir (BO)		5	8,6E-03	117	1,3E-02	78	
Prognos 2030; antal		i) Upp Öönsk gir ROD	48-180 grad	4	6,5E-04	1 546	9,7E-04	1 031	
21546		i) Ned Öönsk gir ROD	48-180 grad	6	4,9E-04	2 061	7,3E-04	1 374	
		total				7,8E-02	13	1,2E-01	9
312	Depl 1000-3000 m3	ii) Upp Missl gir (HE)	0-25 grad	7	4,7E-04	2 137	9,4E-04	1 068	
	Längd 50 - 70 m	ii) Ned Missl gir (HE)		7	4,7E-04	2 137	9,4E-04	1 068	
		iii) Upp Missl-gir (BO)	70-90 grad	5	5,6E-04	1 795	1,1E-03	897	
Prognos 2030; faktor % = 100		iii) Ned Missl-gir (BO)		5	1,9E-04	5 385	3,7E-04	2 692	
Prognos 2030; antal		i) Upp Öönsk gir ROD	48-102 grad	5	1,2E-05	83 031	2,4E-05	41 515	
624		i) Ned Öönsk gir ROD	48-102 grad	5	1,2E-05	83 031	2,4E-05	41 515	
		total				1,7E-03	587	3,4E-03	294
1980	Depl 3000-5000 m3	ii) Upp Missl gir (HE)	0-30 grad	7	3,0E-03	337	3,0E-03	337	
varav ca1000 mudderprår	Längd 70 - 90 m	ii) Ned Missl gir (HE)		7	3,0E-03	337	3,0E-03	337	
		iii) Upp Missl-gir (BO)	70-90 grad	5	3,5E-03	283	3,5E-03	283	
Prognos 2030; faktor % = 0		iii) Ned Missl-gir (BO)		5	1,2E-03	848	1,2E-03	848	
Prognos 2030; antal		i) Upp Öönsk gir ROD	48-82 grad	5	7,6E-05	13 084	7,6E-05	13 084	
1980		i) Ned Öönsk gir ROD	48-82 grad	5	7,6E-05	13 084	7,6E-05	13 084	
		total				1,1E-02	93	1,1E-02	93
49	Depl 5000-8000 m3	ii) Upp Missl gir (HE)	0-30 grad	8	7,4E-05	13 605	3,1E-03	321	
	Längd 90-110 m	ii) Ned Missl gir (HE)		8	7,4E-05	13 605	3,1E-03	321	
		iii) Upp Missl-gir (BO)	70-90 grad	6	7,7E-05	13 061	3,2E-03	308	
Prognos 2030; faktor % = 4141		iii) Ned Missl-gir (BO)		6	2,6E-05	39 184	1,1E-03	924	
Prognos 2030; antal		i) Upp Öönsk gir ROD	48-71 grad	6	1,7E-06	604 212	7,0E-05	14 247	
2078		i) Ned Öönsk gir ROD	48-71 grad	6	1,7E-06	604 212	7,0E-05	14 247	
		total				2,5E-04	3 962	1,1E-02	93
931	Depl > 8000 m3	ii) Upp Missl gir (HE)	0-30 grad	5	1,4E-03	716	1,4E-03	716	
	Längd > 110	ii) Ned Missl gir (HE)		5	1,4E-03	716	1,4E-03	716	
		iii) Upp Missl-gir (BO)	70-90 grad	3	2,3E-03	430	2,3E-03	430	
Prognos 2030; faktor % = 0		iii) Ned Missl-gir (BO)		3	7,8E-04	1 289	7,8E-04	1 289	
Prognos 2030; antal		i) Upp Öönsk gir ROD	48-63 grad	3	5,0E-05	19 875	5,0E-05	19 875	
931		i) Ned Öönsk gir ROD	48-63 grad	3	5,0E-05	19 875	5,0E-05	19 875	
		total				6,0E-03	167	6,0E-03	167
24932	Depl > 300 m3	Frekvens och returperiod			TOTALT:	9,7E-02	10	1,5E-01	7
Tot 2030	Tot 2014	Returpriod per olyckstyp alla storlekar				Roderfel i) U+N:	708	Roderfel i) U+N:	467
27159	Depl > 300 m3	Returpriod per olyckstyp alla storlekar				Missl. Gir ii)+iii) U+N:	10	Missl. Gir ii)+iii) U+N:	7

SSPA SWEDEN AB – YOUR MARITIME SOLUTION PARTNER



RAPPORT

Datum:
2016-01-22

SSPA Rapport Nr.:
RE20146934-01-00-A

Projektledare:
Björn Forsman

Författare:
Erland Wilske
erland.wilske@sspa.se
+46 31 7729034

Sweco Civil AB
Box 1094
SE-405 23 Göteborg.

Referens:

Svante Roupé, 031627680, 0734122680, svante.roupe@sweco.se
SWECO uppdragsnummer: 2342863

Manöversimuleringar av Stena Jutlandica, Masthuggsterminalen, kaj 24-25

För att bedöma kajernas vid Järnvågen påverkan av tillgängligheten på kaj 24-25 vid Masthuggsterminal har simuleringarna med fartyg motsvarande Stena Jutlandica simulerats i SSPA manöver simulator. Denna rapport beskriver upplägg, genomförande och resultat av dessa simuleringar.

SSPA Sweden AB

SSPA Sweden AB

Johan Algell
Avd. Chef
Maritime Operations

Björn Forsman
Projektledare
Maritime Operations

SSPA SWEDEN AB – YOUR MARITIME SOLUTION PARTNER

HUVUDKONTOR: Box 24001 · 400 22 Göteborg · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 031-772 91 24
BESÖKSADRESS: Chalmers Tvärgata 10 · 412 58 Göteborg · Sverige
REGIONKONTOR: Fiskargatan 8 · 116 20 Stockholm · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 08-31 15 43
INTERNET: www.sspa.se · E-MAIL: postmaster@sspa.se · ORG NR/VAT NO: SE556224191801

Sammanfattning och rekommendationer

Simuleringar gällande ankomst/avgång i olika vindförhållanden för Masthuggsterminalen, kaj 24-25, har genomförts med Stena Jutlandica. Syftet med simuleringarna utreda tillgängligheten till kaj 24, 25 och hur den påverkas av den planerade området Järnvågen. Simuleringarna i denna rapport genomfördes under två dagar (3-4 november, 2015) i SSPAs manöver-simulator. Simuleringar har simulerats i realtid men i desktop-miljö, dvs. utan omvärldspresentation.

Simuleringsmodellen av fartyget motsvarar Stena Jutlandicas huvuddimensioner och manöverprestanda men har lastats till ett djupgående av 6,7 m att jämföras med Stena Jutlandicas maximala medeldjupgående på 6,0 m. Detta för att få en säkerställa att fartyg med 6,7 m djupgående kan utnyttja kajen.

Området är modellerat med kajer och färjeterminal enligt förslag från Sweco (benämnt alternativ 1). Två inneliggande fartyg har lagts in i områdesmodellen. Dels på Stena Danicas läge och dels vid den planerade tilläggsplatsen för kollektivtrafikfärjor i det östliga läget på Järnvågen.

Stena Jutlandica har simulerats i en något tyngre lastkondition (djupgående 6.7 m att jämföras med normalt 6.0 m). Simuleringar har genomförts med utgående ström på upp till 0.8 knop och i vind upp till 20-25 m/s.

Resultaten visar att fartyget har mycket god manöverförmåga och har kapacitet att gå till och från kaj 24-25 i alla vindstyrkor som lokalt förekommer.

Den pga. Järnvågen förändrade strömmen vid kajen anses inte försämra tillgängligheten för kajen. Eventuellt kan Järnvågen förenkla manövrering vid kaj 24-25. Idag går strömmen mer in mot kajen och kan trycka fartyg mot kajen.

Olika typer av möjliga kritiska felhändelser har också simulerats och samhörande påseglingsscenarier kan ge underlag för dimensionerade påseglingslaster.

De i områdesmodellen inlagda fartygen har inte ansätts utgöra risk för manövrering till/från kaj 24-25. Däremot visar simuleringarna att man vid några tillfällen varit nära det västliga färjeläget på Järnvågen varför detta läge inte bör användas då fartyg ankommer eller avgår från kaj 24-25.

I slutdiskussionen efter simuleringarna diskuterades eventuella problem med is. Det är sannolikt att det blir en uppsamling av is i hörnet vid östliga delen av kaj 25. Slutsatsen är att man vid enstaka tillfällen kan behöva assistans med att bryta eller spola undan isen men att det kan gå flera år mellan så besvärliga isvintrar.

Problem med att husen på Järnvågen skymmer sikten uppströms över älven har diskuterats. Utifrån planerade lägen och höjder av byggnader och fartygets dimensioner kan dock konstateras att fartyget bör få en god uppsikt över

trafiken på älven från babords bryggvinge (se Figur 2). I mörker kan eventuellt belysning i och på husen försvåra att se ljussvaga lanternor nära skiktgränsen.

Simulering av utvalda fel-scenarier indikerar att möjliga konsekvenser kan omfatta kajpåsegling vid Järnvågen i upp till ca två knop. Den samlade riskbilden för sådana påseglingsscenarier behandlas vidare i riskanalysrapporten.

Innehållsförteckning

Sammanfattning och rekommendationer	2
1 Inledning	6
2 Fartyg.....	7
2.1 Huvuddimensioner och använda datafiler vid simuleringarna.....	7
3 Modellering av område	9
3.1 Allmänt om området.....	9
3.2 Strömmar	11
3.3 Vindmodell och vindstatistik	12
4 Utvärderingsmetoder	14
4.1 Nautisk riskbedömning.....	14
4.2 Säkerhetsindex, SI.....	14
5 Resultat	16
5.1 Körningsprogram.....	16
5.1.1 Intakt-simuleringar	16
5.1.2 Fel-scenarier.....	16
5.2 Intakt-simuleringar och inverkan av vind	16
5.3 Utvärdering av fel-scenarier	19
5.3.1 Erfarenhetsbaserad identifiering av fel-scenarier och möjliga konsekvenser	19
5.3.2 Resultat av simulerade fel-scenarier.....	19
6 Slutsatser och rekommendationer	21

Appendix 1: Dokumentation av fartygsmodell

Appendix 2: Banplottar och tidsserier från samtliga simuleringar

Appendix 3: Mötesnoteringar, startmöte 20 oktober

Appendix 4: Beskrivning av säkerhetsindex

Figurförteckning:

Figur 1 Karta som använts vid simuleringarna	10
Figur 2 Skiktgräns för skyddad sektor pga. av byggnader på Järnvågen	10
Figur 3 Strömscenario som används vid simuleringarna – Översikt.....	11
Figur 4 Strömscenario som används vid simuleringarna – Utanför kaj 24-25.....	12
Figur 5 Vindstatistik för SMHIs mätstation vid Gullbergsvass	13

Figur 6 Polärddiagram för samtliga ankomster	18
Figur 7 Polärddiagram för samtliga avgångar	18

Tabellförteckning:

Tabell 1 Fartygdata för simulerat fartyg.....	7
Tabell 2, Riskbedömningsmatris.....	14
Tabell 3, Bedömningsmatris säkerhetsindex.....	15
Tabell 4 Simuleringsförhållanden, utvärderingsresultat samt kommentarer för samtliga simuleringar	17

Revisionshistorik:

Rapportbeteckning	Utgivningsdatum	Kommentar
RE20146934-01-00-A	2015-11-23	Första utgåvan
RE20146934-01-00-A	2016-01-22	Korrigerar appendix nummer. Referens till tabell 4 i kapitel 5.2.1

1 Inledning

Simuleringar gällande ankomst/avgång i olika vindförhållanden för Masthuggsterminalen, kaj 24-25, har genomförts med Stena Jutlandica. Syftet med simuleringarna var att utreda tillgängligheten till kaj 24, 25 och hur den påverkas av den planerade området Järnvågen med målsättning att kunna;

- Föreslå operationella gränsvärden för vind.
- Simulera och identifiera risker med olika typer av felscenarier
- Diskutera problem som kan uppstå med fartygstrafiken vid Järnvågen.

Simuleringarna genomfördes under två dagar (3-4 november, 2015) i SSPAs manöversimulator. Simuleringar har simulerats i realtid men i desktop-miljö, dvs. utan omvärldspresentation.

Simuleringarna planerades under ett startmöte som hölls 2015-10-20. På möte deltog representanter från Sweco, Älvstranden Utveckling AB, Stena Line, Göteborgs Hamn samt SSPA. Noteringar från mötet återfinns i Appendix 1.

Simuleringarna utfördes av befälhavare på Stena Jutlandicas, Magnus Dahlström och Jörgen Gustavsson. Simulatorn opererades av Erland Wilske.

Övriga personer deltog i olika omfattning under de två simuleringsdagarna:

Svante Roupé	Sweco
Erik Cardell	Sweco
Åsa Verneresson,	Älvstranden Utveckling AB
Björn Forsman	SSPA Sweden AB
Erland Wilske	SSPA Sweden AB

2 Fartyg

I simuleringarna har ett fartyg med huvuddimensionerna enligt Stena Jutlandica används. Stena Jutlandica kan lastas till ett medeldjupgående av ca 6,0 m. Det var dock ett önskemål att vid simuleringarna säkerställa att man kan hantera fartyg med ett djupgående på 6,7 m (som t.ex. Stena Danica) vid kajen. Därför ökades djupgåendet på den simulerade modellen till 6,7 m och displacement och vindarea anpassades till detta djupgående.

I samtliga simuleringar har full maskineffekt varit tillgänglig dvs. två maskiner inkopplade på vardera propelleraxel.

Under förmiddagen den första simuleringsdagen validerades fartygsmodellen. Baserat på befälhavarnas kunskap om fartygets manöveregenskaper justerades modellen något under den första dagens simulering. Dessa justeringar omfattade propellerarnas sidkraftskoefficienter (minskades för backande propeller) samt rodrens lift-koefficienter (ökades). Hastigheten för pitch-servot minskades från 14 sek till 17 sek för servot att gå från stop till full back.

2.1 Huvuddimensioner och använda datafiler vid simuleringarna

I Tabell 1 är fartygets huvuddata redovisade. I Appendix 2 är en större mängd fartygsdata samt simuleringsresultat från standardiserade manöverprov dokumenterade.

Tabell 1 Fartygsdata för simulerat fartyg

Parameter	Enhet	StenaJutlandica_T=6.7.shp
Fartygstyp	-	Ropax
Längd överallt (LOA)	m	184,3
Perpendikellängd (LPP)	m	169,0
Bredd	m	27,8
Effekt huvudmaskineri	kW	Totalt 12960 per axel (två maskiner per axel)
Fart	Knop	23
Framdrivning	-	2 x Controllable pitch Propeller
Propellerdiameter	m	4,8
Rodertyp	-	2 x Flap rudder (max 65°)
Roder area	m ²	14,2
Bogpropeller	kW	2x 1580
Djupgående (even keel)	m	För: 6,7 Akter: 6,7

<i>Parameter</i>	<i>Enhet</i>	<i>StenaJutlandica_T=6.7.shp</i>
Displacement	m ³	21090
Lateral vindarea	m ²	3954
Transversell vindarea	m ²	860

SSPAs referensnamn på simulerade fartygsmodell är StenaJutlandica_T=6.7.shp.

Underlag som fartygsmodellen baseras på är:

- GA Stena Jutlandica Deck 0-4 274_100-00-11_1_2014-09-17.pdf
- GA Stena Jutlandica Deck 5-8 274_100-00-11_2_2014-09-17.pdf
- GA Stena Jutlandica Deck 9-11 274_100-00-11_3_2014-09-17.pdf
- Ship Particulars Jutlandica ver 2.pdf
- Wheelhouse Poster Jutlandica (002).pdf
- Combinator table 1 Stena Jutlandica.pdf

3 Modellering av område

3.1 Allmänt om området

Området är baserat på elektroniskt sjökort för området (Motsvarande Sjökort nr. 9312). Dessa data har projicerats till UTM 33 (EPSG 32633).

Sweco har tagit fram utformning av kajerna vid Järnvågen. Inför simuleringarna fanns två utformningar framtagna. Vi startmöte inför simuleringarna valdes att simulera med det förslag där färjeterminalen för kollektivtrafik på Järnvågen (Järnvågsfärjeläget) är placerad närmast Masthuggskajen. Denna utformning valdes för att belysa eventuella risker med Stena Jutlandicas närhet till Järnvågsfärjeläget. Underlag för den valda utformningen är definierat i dokumentet MHK_sitplan_151012_alt 1.pdf. Denna utformning har georefererats till den använda projektionen.

Två inneliggande fartyg har lagts in i områdesmodellen. Dels ett ropaxfartyg motsvarande Stena Danica på den kaj där hon normal ligger i nuvarande trafik, dels en kollektivtrafikfärja typ Älvsabben vid i det östra läget på Järnvågsfärjeläget. Utformningen av detta färjeläge omfattar även en västlig tilläggsplats men det ansågs vara olämpligt och förenat med risker att ha fartyg liggande där då Stena Jutlandica manövrerar till och från kaj 24/25.

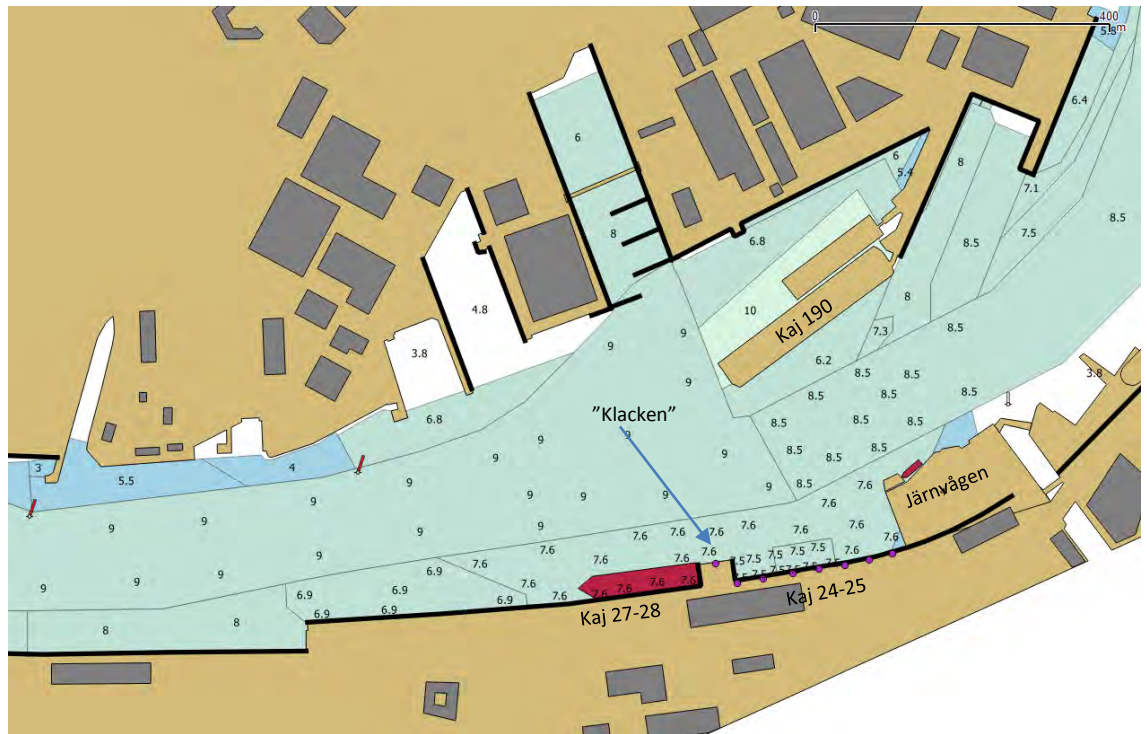
I nu aktuella sjökort är djupet vid kaj 25 är angivet till 6 m. Göteborgs Hamn bekräftar dock, baserat på nyare sjömätningar, att djupet är 7,6 m utanför kajplatserna 24 och 25 med undantag för en betongplatta (erosionsskydd) som ligger på 7,5 m. (e-mail Torbjörn Henriksson 2015-10-20). Djupet modellerades enligt denna information. Övriga djup är enligt djupzoner angivna i sjökortet.

Inför simuleringarna diskuterades om dockan (kajplats 190) skulle var med eller tas bort ur simuleringarna eftersom den nyligen sålts. Göteborgs Hamn (e-mail Jörgen Wallroth 2015-10-13) gav besked att området med dess kontaminerade bottensediment troligen kommer att avlysas och inte skulle kunna användas för manövrering av fartyg. Detta område omfattar bl.a. 6,2-meters zonen utanför dockan. Det är dock för grunt för Stena Jutlandica att gå in där så det ansågs inte förändra den nuvarande storleken på manöverområdet varför inga speciella markeringar av detta område har förts in i kartan.

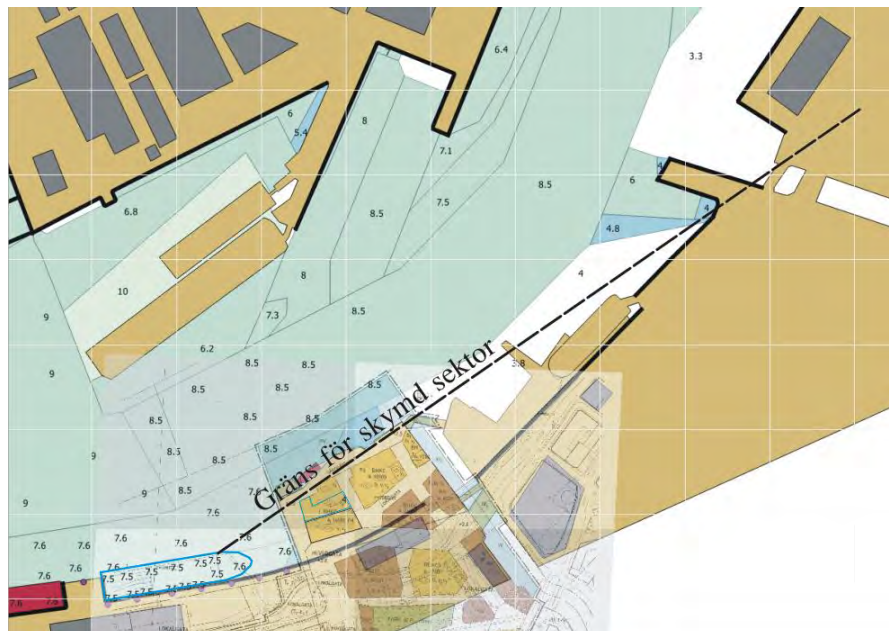
I Figur 1 visas den karta som användes vid simuleringarna. I kartan visas de djupdata som tillförts utanför kajplats 24-25 och de inneliggande fartygen (röda fartygskonturer).

Under projektet diskuterades eventuella problem med att husen på Järnvågen skymmer sikten uppströms över älven. För att utreda detta har en skiktgräns baserat på placering av byggnader enligt detaljplanritningen (02_2.Plankarta2_Samrad_A3_20150604.pdf) också lagts in i figuren. Skiktgränsen utgår från att observatören står på babords bryggvinge på Stena

Jutlandica. Gränsen visar att en observatör från denna position har god uppsikt över trafik på älven (se Figur 2). Möjligen kan belysning på och i husen blända och försvåra upptäckande av svaga lanternor nära skiktgränsen.



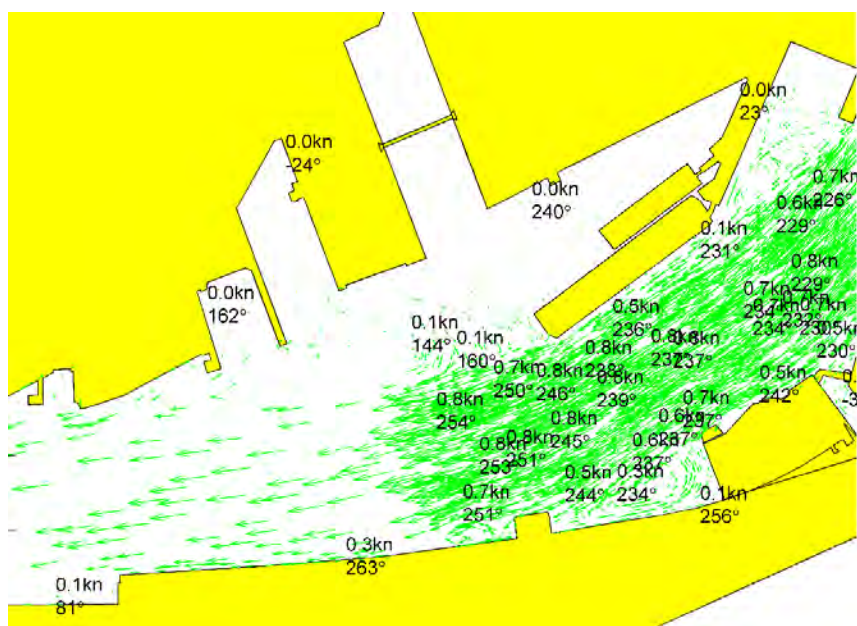
Figur 1 Karta som använts vid simuleringarna



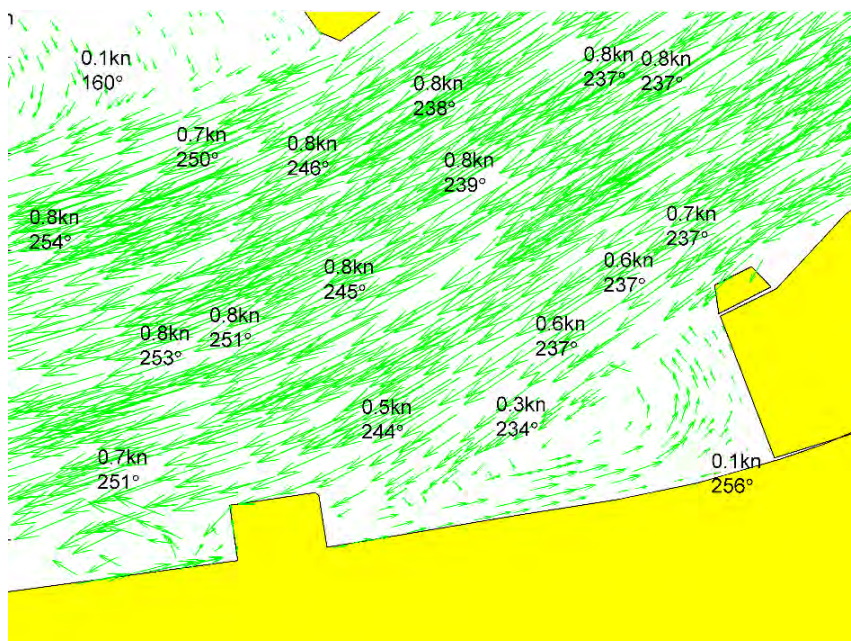
Figur 2 Skiktgräns för skydd sektor pga. av byggnader på Järnvågen

3.2 Strömmar

Ett strömsscenario framtaget av Sweco har använts för simulering av strömmar. (e-mail Björn Almström 2015-10-28 11:53, Shapefiler: U_UTM_151028.* samt V_UTM_151028.*). Scenariot bygger på ett relativt högt tappningsflöde på 300 m³/s genom älven. Modellen omfattar kajerna vid Järnvågen. I modellen är dockan (Kajplats 190) kvar. Strömhastigheterna har medelvärdesbildats (kvadratisk medelvärde med hänsyn till tecken) över 6 m djup. I Figur 3 och Figur 4 visas strömscenariot dels som översikt dels som detaljkarta utanför kaj 24-25. I figurerna anges strömhastighet i knop och flödesriktning i grader (270° anger västgående ström). Modellen ger maximala nettoströmhastigheter över 6 m djup på ca 0,8 knop.



Figur 3 Strömsscenario som används vid simuleringarna – Översikt

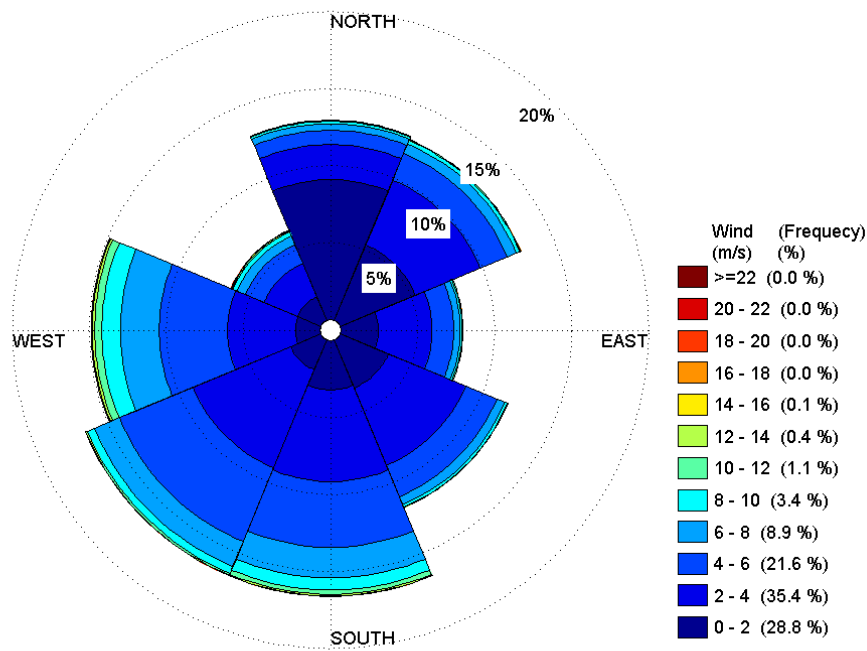


3.3 Vindmodell och vindstatistik

I den använda simuleringsmodellen har ett antal byggnader lags in med dess respektive ungefärliga höjder. Dessa byggnader ger läeffekter på fartyget. De byggnader som ger påtagliga läeffekter för kajplats 24-25 är Stenas terminalbyggnad samt en antagen landgångsbyggnad mellan terminal och passagerarutgång på fartyget. Husen vid Järnvågen ger också lä vid ostliga vindar. I simulatoren anges medelvindhastighet och riktning för varje simulering. Vindhastigheten under en simulering varierar mellan ca 25% över och under medelhastigheten enligt ett vindspektrum framtaget av A Davenport. Vindriktningen är konstant under respektive simuleringfall.

För att ge en uppfattning om kajens tillgängligt har vindstatistik tagits fram. Statistiken är gjord med mätningar från SMHIs mätstation vid Gullbergsvass (Position: N 57.7157, E 11.9925). Mätdata omfattar ett mätvärde per timma från 1961 till juni 2015 och representerar medelvärden över 10 minuter på 10 m höjd över marken. Denna mätstation ligger en bit från Masthuggsterminalen men anses vara den som bäst representerar förhållanden vid terminalen. Västliga vindar i älvens längsriktning ger dock sannolikt högre vindhastigheter än vad som registreras vid Gullbergsvass.

Wind data for Göteborg A from 1961-01-01 to 2015-06-01
Number of observations:235338
Max wind:25.0 m/s, Mean wind:3.4 m/s, Standard dev:2.3 m/s



Figur 5 Vindstatistik för SMHIs mätstation vid Gullbergsvass

4 Utvärderingsmetoder

De genomförda simuleringarna utvärderas med två parallella metoder:

- Nautisk riskbedömning av lotsar efter varje simulering
- Av SSPA utvecklat Säkerhetsindex, SI

I tillägg till de två metoderna ovan diskuterades varje genomförd simulering (debriefing) varvid viktiga erfarenheter och kommentarer noterades.

4.1 Nautisk riskbedömning

I anslutning till varje genomförd simulering utförde den befälhavare som genomförde manövern en nautisk riskbedömning graderad i en skala mellan 1 och 8 där 1 representerar mycket liten risk medan 8 representerar mycket hög risk. Den subjektiva skalan definieras enligt följande:

- 1-3: Acceptabel risk – Detta är en manöver man är beredd att göra varje dag
- 4-5: gränsfall där risksänkande åtgärd skall anges för att kunna komma ner till acceptabel risknivå
- 6-8: Ej acceptabel risk

I resultatredovisningen används en färgkod för den bedömda risk enligt **Error! Reference source not found.** nedan.

Tabell 2, Riskbedömningsmatris

Låg risk Acceptabel	1
	2
	3
Måttlig risk Gränsfall	4
	5
Hög risk Ej acceptabel	6
	7
	8

4.2 Säkerhetsindex, SI

Parallellt med den nautiska riskbedömningen utvärderas varje simulering med ett, så kallat, Säkerhetsindex (SI) vilket beräknas utifrån vissa registrerade simuleringsvariabler. SI tar hänsyn till hur fartyget navigerats och manövrerats i förhållande till:

- Lateralt avstånd till farledsbegränsningar
- Användande av huvudmaskiner (i förhållande till max tillgänglig effekt)
- Användande av rodervinklar (i förhållande till max)
- Användande av bogtrustrar (i förhållande till max tillgänglig effekt)

Säkerhetsindex varierar mellan 0 och 1:

SI = 1; en perfekt simulering där det finns marginaler tillgodo

SI = 0; en oacceptabel simulering med dåligt/inga marginaler tillgodo.

Säkerhetsindex beräknas enligt:

Tabell 3, Bedömningsmatris säkerhetsindex.

$$SI = SI_c \left[\frac{1}{3} SI_R + \frac{1}{3} SI_P + \frac{1}{3} SI_B \right]$$

där;

SI_C = Clearance index

SI_R = Rudder index

SI_P = Propeller index

SI_B = Bogtruster index

Riskbedömning	Säkerhetsindex	Acceptans
1 till 3	1,0 - 0,5	Acceptabel
4 till 5	0,5 - 0,3	Gränsfall
6 till 8	0,3 - 0,0	Ej acceptabel

Error! Reference source not found.

Vardera av de tre sub-indexen ovan startar med ett värde av 1,0. När t.ex. rodervinkeln är över 20° minskar SI_R successivt och om rodret används max i mer än två minuter och farten ej är mycket låg så sätts SI_R=0.

Propellerindex, SI_P, minskar successivt om hårda manövrar används under simuleringen. Hårt pådrag tillåts dock om farten är relativt hög (≥65% av design farten), t.ex. vid navigering genom en farled.

Bogtrusterindex, SI_B, minskar successivt om totala bogtrusterkapaciteten används över 25%. Om alla trustrarna kör på 100% i två minuter går indexet för bogtruster till noll

Märkning i tabell

Clearance index, SI_C, baseras på det minsta laterala avståndet mellan fartygskonturen och farledsbegränsningen.

Det bör dock noteras att Säkerhetsindex ibland kan vara missvisande beroende på vilket del-index som löst ut. Säkerhetsindex bör därför ses som en måttstock för vilka simuleringar man bör studera mer i detalj och då analysera vilket del-index som löst ut. Detta i kombination med den nautiska riskbedömningen samt kommentarer ligger sedan till grund för den samlade bedömningen.

För ytterligare beskrivning av säkerhetsindex se Appendix 4.

5 Resultat

5.1 Körningsprogram

Simuleringarna genomfördes under två dagar, 3-4 november 2015. Befälhavarna Magnus Dahlström och Jörgen Gustavsson turades om att manövrera fartyget till/från kaj. Samtliga körningars Id-nummer #, förutsättningar och kommentarer från debriefing framgår av Tabell 4 nedan.

I Tabell 4 anges nautisk riskbedömning enligt kapitel 4.1 i tredje kolumnen och säkerhetsindex SI enligt kapitel 4.2 i den fjärde kolumnen.

5.1.1 Intakt-simuleringar

Under dessa intakt-simuleringar förutsetts fartygets alla tekniska system fungera normalt. Det planerade och genomförda körningsprogrammet omfattade:

- Ankomster och Avgångar
- Vindriktningar i kardinal- och interkardinalriktningar
- Medelvindhastigheter på 20-25 m/s beroende på vindriktning

5.1.2 Fel-scenarier

För att identifiera och bedöma potentiella konsekvenser av möjliga kritiska tekniska felhändelser simulerades, efter diskussion med de erfarna skepparna, även fem utvalda fall med totalt/partiellt bortfall av propulsion (blackout) och bortfall av bogtruster. Dessa fall anges sist i tabellen nedan med "failure" i kolumn In/Ut.

5.2 Intakt-simuleringar och inverkan av vind

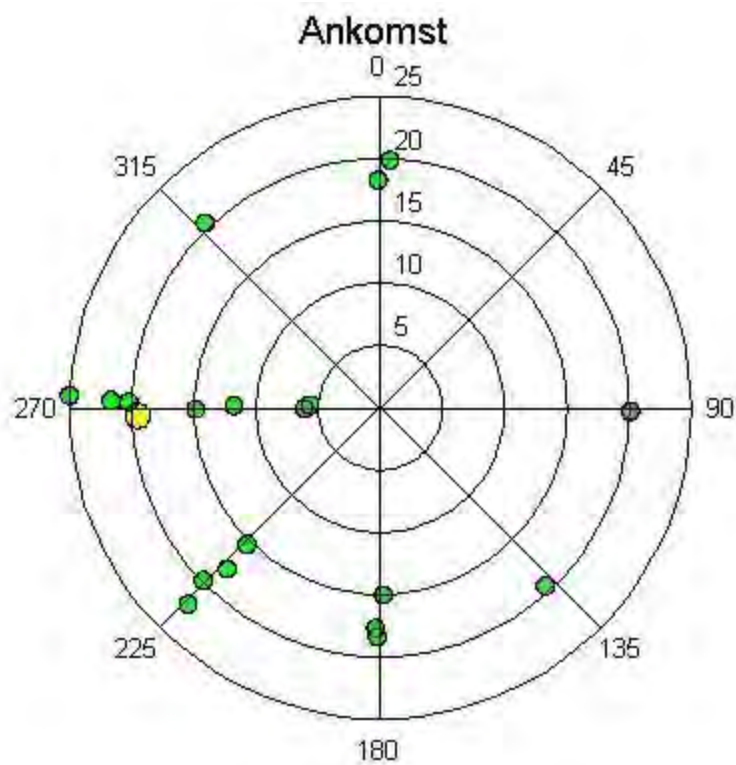
Resultat från intakt-simuleringarna har sammanställts i Figur 6 och Figur 7. Polardiagrammen visar samband mellan vindhastighet och -riktning för genomförda simuleringar med färgkod för nautisk riskbedömning enligt kapitel 4.1 för inseglings- respektive avgångsmanövrar.

Samtliga körningar (utom # 4) visar på godkända manövrar (gröna markeringar) för den nautiska riskbedömningen. Körning # 4 (gul markering) genomfördes i västlig vind 20 m/s och resulterade i en hård landning mot kajen med aktern men situationen bedöms kunna ha hanteras genom att saxa propellrarna under manövern.

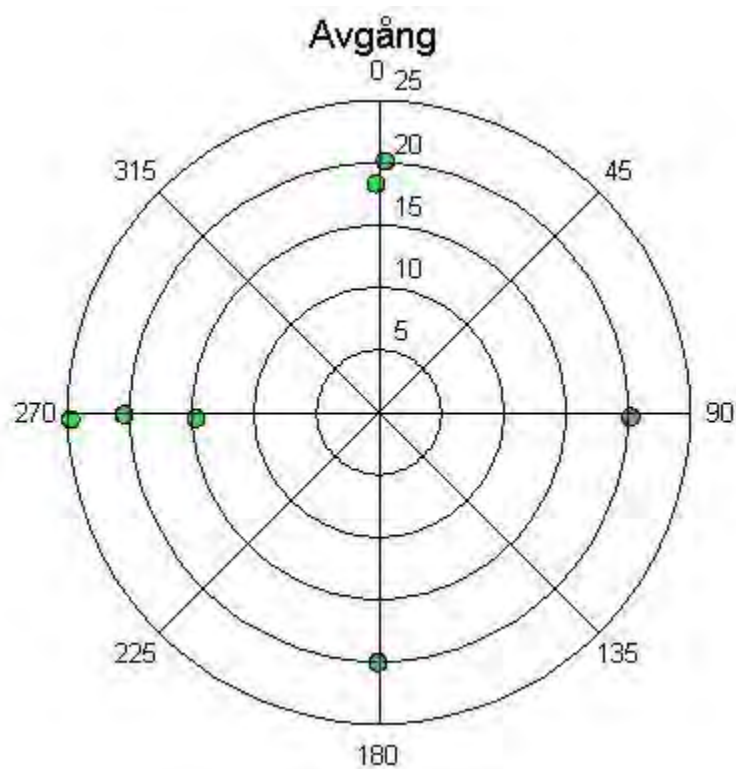
Säkerhetsindex SI varierar mellan 0,6 och 1,0 och bedöms därmed acceptabelt i samtliga fall.

Tabell 4 Simuleringsförhållanden, utvärderingsresultat samt kommentarer för samtliga simuleringar

Id#	Wind [m/s]	Nautisk risk	Säkerhets-index	In/Ut	Kommentar Befälhavare	Kommentar SSPA
0	W 6	1	1.0	In	Inga problem	God kontroll
1	W 6	1	1.0	In	Inga problem	God kontroll
2	W 12	1	1.0	In	Inga problem	God kontroll
3	W 15	1	0.9	In	Inga problem	God kontroll
4	W 20	4	0.9	In	Verkar som det behövs saxa om maskinerna	Går hårt i kaj. Behöver saxa om för att orka lyfta aktern.
5	W 20	2	1.0	In		OK. Kommer ganska nära Järnvågskajen.
6	W 22	2	1.0	In	Verkar som rodet inte fungerar som i verkligheten	Efter denna simulering justeras roder- och propeller sidkrafter
7	W 25	3	1.0	In		God kontroll men landar lite hårt.
8	S 15	1	1.0	In		OK.
9	S 18	3	0.9	In	Stäven tenderar att komma nära kaj förut. Ej mycket manöverutrymme i starka vindar.	OK. men får köra bogtruster på 75% under ca tre minuter.
10	S 18	3	0.6	In	Säkert, men det tog lång tid	OK. Men tar lång tid.
11	N 18	3	0.9	In	Manöverutrymme minimerar misstag. Får ligga långt ute i älven för klara avdriften.	OK.
12	N 20	3	0.9	In		OK. God kontroll även vid landning mot kajen.
13	E 20	1	1.0	In		God kontroll.
14	W 15	1	1.0	Ut		God kontroll.
15	W 20	1	1.0	Ut		God kontroll.
16	W 25	1	0.9	Ut		God kontroll.
17	S 20	1	0.9	Ut	Vände åt babord. Säkrare att vända åt styrbord.	OK. Provar att vända åt babord. Verkar ta längre tid och kommer närmare kaj. 27 (Danicas Läge)
18	N18	1	0.9	Ut		OK. Gick lättare än väntat.
19	N20	1	0.6	Ut		På gränsen att orka lyfta från kajen.
20	E 20	1	0.9	Ut		God kontroll.
21	SW 15	2	1.0	In	Fartyget känns lite trögt i manöver. Förmodligen pga. extra djupgående.	
22	SW 18	2	1.0	In	Risk att komma nära Älvsnabbarnas läge.	Lade roder åt fel håll utanför kajen och driver ut en bit. Inga stora problem men hade en färja leget i de västra läget på Järnvågen hade kollision uppsatt.
23	SW 20	3	0.9	In	Denna vind gör att man kommer väldigt nära färjeläget.	Får köra hårt men kommer till kaj.
24	SW 22	3	0.6	In	100% på bogar och 80% på huvudmaskiner.	OK. Men kör hårt.
25	NW 20	2	0.9	In		OK.
26	SE 20	2	0.6	In	Tidvis 100% på bogen.	OK. Tar lång tid men kommer till kaj.
27	W 6	-	-	In Failure	Blackout vid passage av klacken, fart 3.7 knop.	Dött skepp (ingen propulsion eller bogtruster, roder fungerar). Passerar klacken med 3.7 knop. Läger båda roder innåt fartyget för att om möjligt bromsa. Tar tre minuter till bulbena går i kajen vid Järnvågen. Fart 1.7 knop vid kollision.
28	W 6	-	-	In Failure	Blackout vid passage av klacken, fart 3.7 knop. Roders midskepps.	Samma scenario som föregående. Behåller nu roder midskepps. Fart 1.9 knop vid kollision.
29	W 6	-	-	In Failure	Blackout vid passage av klacken, fart 3.7 knop. Försök att gära ut misslyckas.	Samma scenario som föregående. Provar nu att försöka styra sig ut från kajen. Detta får inte då aktern går i klacken. Går i kajen vid Järnvågen med 1.7 knop.
30	SW 10	-	-	In Failure	Lätt kontakt med klacken.	Scenario där maskiner på styrbords sida stoppar då fartyget är tvärs klacken.
31	S 15	-	-	In Failure	Bog-failure vid ankomst. Backade ut för att få näsan upp i vinden.	



Figur 6 Polärdiagram för samtliga ankomster



Figur 7 Polärdiagram för samtliga avgångar

5.3 Utvärdering av fel-scenarier

5.3.1 Erfarenhetsbaserad identifiering av fel-scenarier och möjliga konsekvenser

För att bedöma riskerna med olika typer av fel-scenarier fördes först en erfarenhetsbaserad diskussion om situationer som kan uppkomma och hur de skulle kunna påverka kajer och verksamhet vid Järnvågen. Nedan beskrivs tre typ-scenarier där befälhavarna angett vilka åtgärder som vidtas och troliga konsekvenser.

1. Dött skepp (dvs. framdrift och bogtrustrar ur drift, rodren är fungerande) vid ankomst tvärs kaj 32 (ca 500 m från Järnvågen). Fart ca 5 knop.

Åtgärder: Lägger av ett ankare. Kör ihop roder för att bromsa.

Konsekvenser: Sannolikt får man stopp på fartyget på ett par fartygslängder (väl innan Järnvågen). Osäkert vart fartyget driver när det är stoppat. Eventuell sammanstötning sker i låg fart, mindre än två knop.

2. Dött skepp vid ankomst klacken (ca 220 m från Järnvågen). Fart 3-4 knop.

Åtgärder: Lägger av ett ankare. Kör ihop roder för att bromsa. Ger ljudsignal.

Konsekvenser: Osäkert om man får man stopp på fartyget i stark västlig vind. Finns risk att man kan kollidera med pontonen vid Älvsnabbens färjeläge.

Kollisionen kan t.ex. riva landgångsramper och skada pontonen med vatten intränglingen som följd. Denna risk gäller för all förbipasserade fartygstrafik och riskerna är större för fartyg som passerar med fart.

3. Bogtrusterbortfall när fartyget är nästan framme i läget vid kaj 24-25 och stark sydlig vind.

Åtgärder: Beror lite på utrymme och situation. Kan t.ex. köra ut aktern och backa bort från läget. Alternativt så kan man hålla kvar aktern och låta fören svepa ner längs kajen vid Järnvågen.

Konsekvenser: Fören kommer att svepa längs kajen vid Järnvågen. Om det ligger en båt i det västliga läget vid terminalen på Järnvågen kan kollision uppstå.

5.3.2 Resultat av simulerade fel-scenarier

För att vidare undersöka fel-scenarierna simulerades situationerna i scenario 2 och 3 enl. ovan. Dessa är beskrivna och kommenterade i Tabell 4

Error! Reference source not found..

Simuleringsresultaten indikerar att möjliga konsekvenser av dessa feltyper kan omfatta kajpåsegling av Järnvågens sydvästra kaj sida i farter upp till ca två knop. Den samlade riskbilden för sådana påseglingsscenarier beror av

sannolikhet för dessa felscenarier och av hur kajen dimensioneras och behandlas vidare i riskanalysrapporten, SSPA Rapport Nr: RE20146934-01-00-A.

6 Slutsatser och rekommendationer

Stena Jutlandica i en något tyngre lastkondition (djupgående 6,7 m att jämföras med normalt 6,0 m) har simulerats. Simuleringar har genomförts med utgående ström på upp till 0,8 knop och i vind upp till 20-25 m/s.

Resultaten visar att fartyget har mycket god manöverförmåga och har kapacitet att gå till och från kaj 24-25 i alla vindstyrkor som lokalt förekommer.

Den pga. Järnvågen förändrade strömmen vid kajen anses inte försämra tillgängligheten för kajen. Eventuellt kan Järnvågen förenkla manövrering vid kaj 24-25. Idag går strömmen mer in mot kajen och kan trycka in fartyg mot kajen (ref. Magnus Dahlström erfarenheter från manövrering av Stena Carisma).

De i områdesmodellen inlagda fartygen bedöms inte utgöra hinder för eller medföra tillkommande risker vid manövrering till/från kaj 24-25. Däremot visar simuleringarna att man vid några tillfällen varit nära det västliga färjeläget på Järnvågen varför detta läge inte bör användas då fartyg ankommer eller avgår från kaj 24-25.

I slutdiskussionen efter simuleringarna diskuterades eventuella problem med is. Det är sannolikt att det blir en uppsamling av is i hörnet vid östliga delen av kaj 25. Magnus Dahlström beskrev en del problem med Stena Carisma då de tagit hjälp av hamnens servicefartyg för att bryta och rensa bort is från läget. Carisma är dock ett ömtåligt fartyg och problemen bör vara betydligt mindre med Stena Jutlandica. Slutsatsen är dock att man vid enstaka tillfällen kan behöva assistans med att bryta eller spola undan isen men att det kan gå fler år mellan så besvärliga isvintrar.

Det diskuterades om man hade kunnat ta in större fartyg än Stena Jutlandica till kaj 24-25. Bedömningen från SSPA och de befälhavare som deltog i simuleringen var att det i så fall krävs någon typ av hjälpmedel för att hantera fartyget vid kaj (t.ex. bogfender eller annat som fixerar manövern).

Problem med att husen på Järnvågen skymmer sikten uppströms över älven har diskuterats. Utifrån planerade lägen och höjder av byggnader och fartygets dimensioner kan dock konstateras att fartyget bör få en god uppsikt över trafiken på älven från babords bryggvinge. I mörker kan ev. belysning i och på husen försvåra att se ljussvaga lanternor nära skiktgränsen.

Simulering av utvalda fel-scenarier indikerar att möjliga konsekvenser kan omfatta kajpåsegling vid Järnvågen i upp till ca två knop. Den samlade riskbilden för sådana påseglingsscenarier behandlas vidare i riskanalysrapporten.

**Ship main dimension**

Length over all [m]:	184.3
Length b. perpendiculars [m]:	169.0
Beam [m]:	27.8

Load condition

Displacement [m ³]:	21090
Aft draught [m]:	6.70
Forward draught [m]:	6.70
LCG (rel. L/2) [m]:	-4.73
KG [m]:	12.50
GM [m]:	2.00

Rudder data

No of rudders:	2
Rudders type:	Flap type rudder
Rudder turn rate [deg/s]:	5.0
Max angle [deg]:	65
Distance from CL [m]:	6.2
Rudder area [m ²]:	14.2
Horn area [m ²]:	0.0

Propulsion data

No of propellers:	2
Propeller type:	Controllable pitch
Diameter [m]:	4.80
Distance from CL [m]:	6.20
Design pitch ratio at 0.7R [-]:	1.48
Rotation:	Inward turning

Engine data

No of engines:	2
Type of engine(s)	Diesel
Power at MCR each [kW]:	12960
Engine rate at MCR [RPM]:	145
Design speed at MCR [knots]:	23.3

Tunnel thruster data

Thruster 1	
Power [kW]:	1580
Position rel. L/2 [m]:	68
Thruster 2	
Power [kW]:	1580
Position rel. L/2 [m]:	72

Windage data

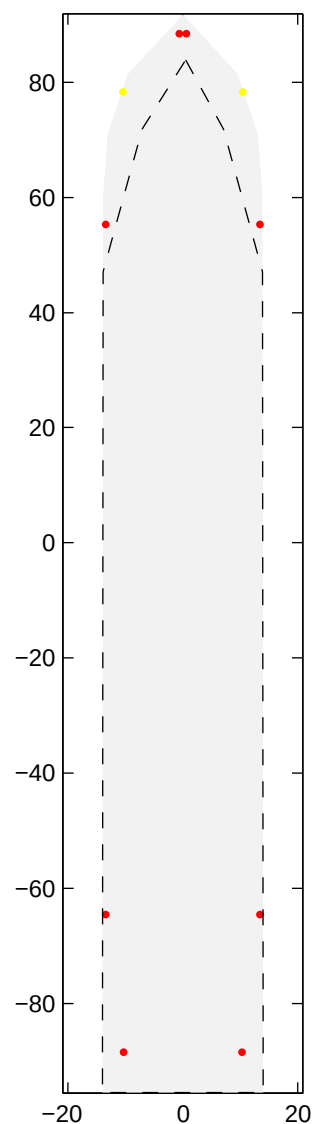
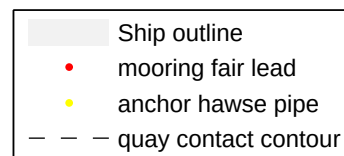
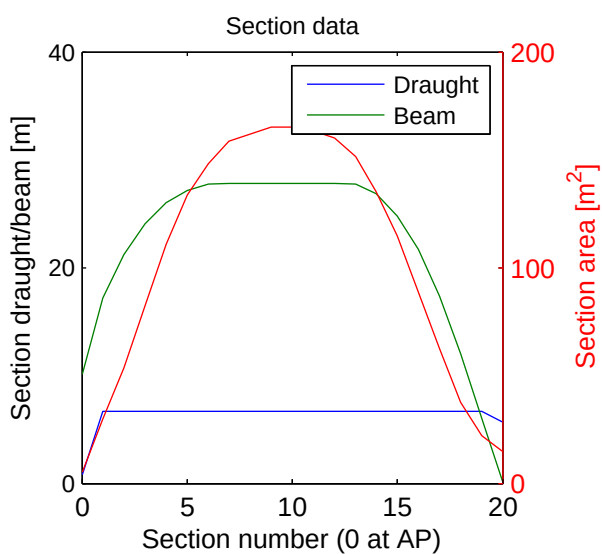
Lateral area [m ²]:	3954
Transverse area [m ²]:	860

**Winch data**

Wire length [m]:	85
Haule speed [m/s]:	1.00
Haule force [N]:	350000
Locking force [N]:	500000
Mooring break load [N]:	1000000
Spring constant [N]:	7889546

Anchor data

Weight of anchors [kg]:	6505, 6505
Diameter of chain [m]:	0, 0
Length of chain [m]:	585, 585
Chain break load [N]:	2480220, 2480220
Windlass power [W]:	297626, 297626
Windlass haule rate [m/s]:	0.15, 0.15

Section data



StenaJutlandica T=6.7

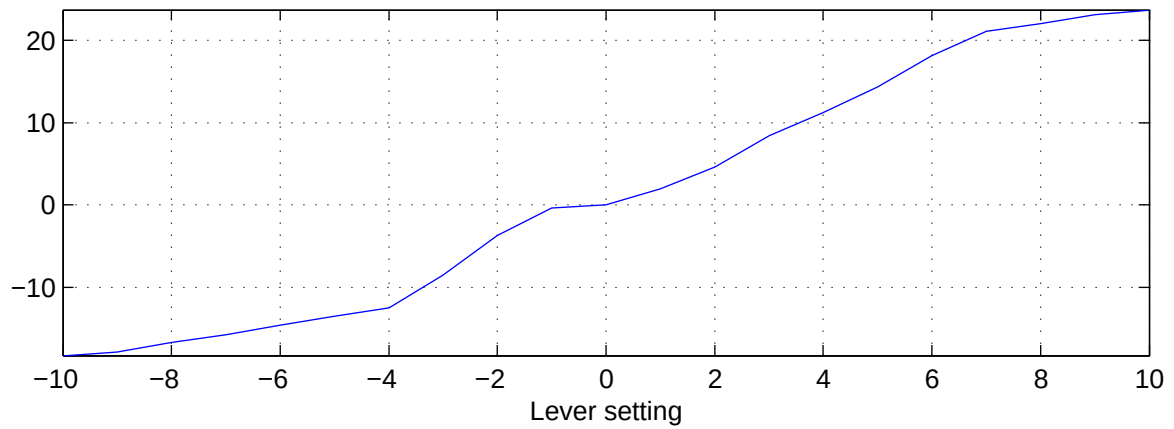
Speed table

Appendix 1

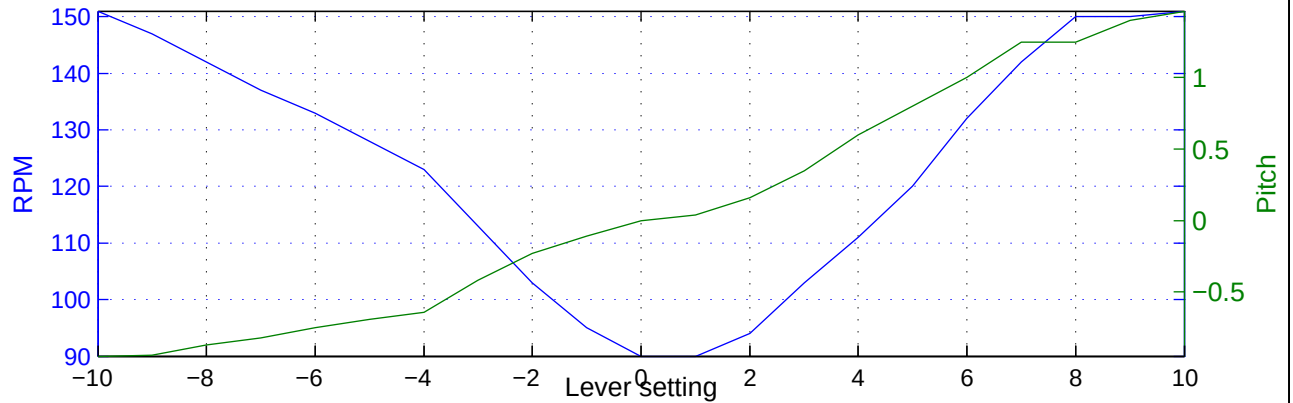
Figure 2

RE20157522-01-00-A

Speed vs lever setting [knots]



Propeller rpm [1/min] and pitch [-]



Lever	Speed (knots)	Prop. RPM	Prop. Pitch (P/D(0.7R))
10	23.7	151	1.47
9	23.1	150	1.40
8	22.0	150	1.25
7	21.1	142	1.25
6	18.1	132	1.00
5	14.3	120	0.80
4	11.3	111	0.60
3	8.4	103	0.35
2	4.6	94	0.16
1	2.0	90	0.04
0	0.0	90	0.00
-1	-0.4	95	-0.11
-2	-3.7	103	-0.23
-3	-8.5	113	-0.42
-4	-12.5	123	-0.64
-5	-13.5	128	-0.69
-6	-14.6	133	-0.75
-7	-15.7	137	-0.82
-8	-16.7	142	-0.87
-9	-17.9	147	-0.94
-10	-18.3	151	-0.95



StenaJutlandica T=6.7

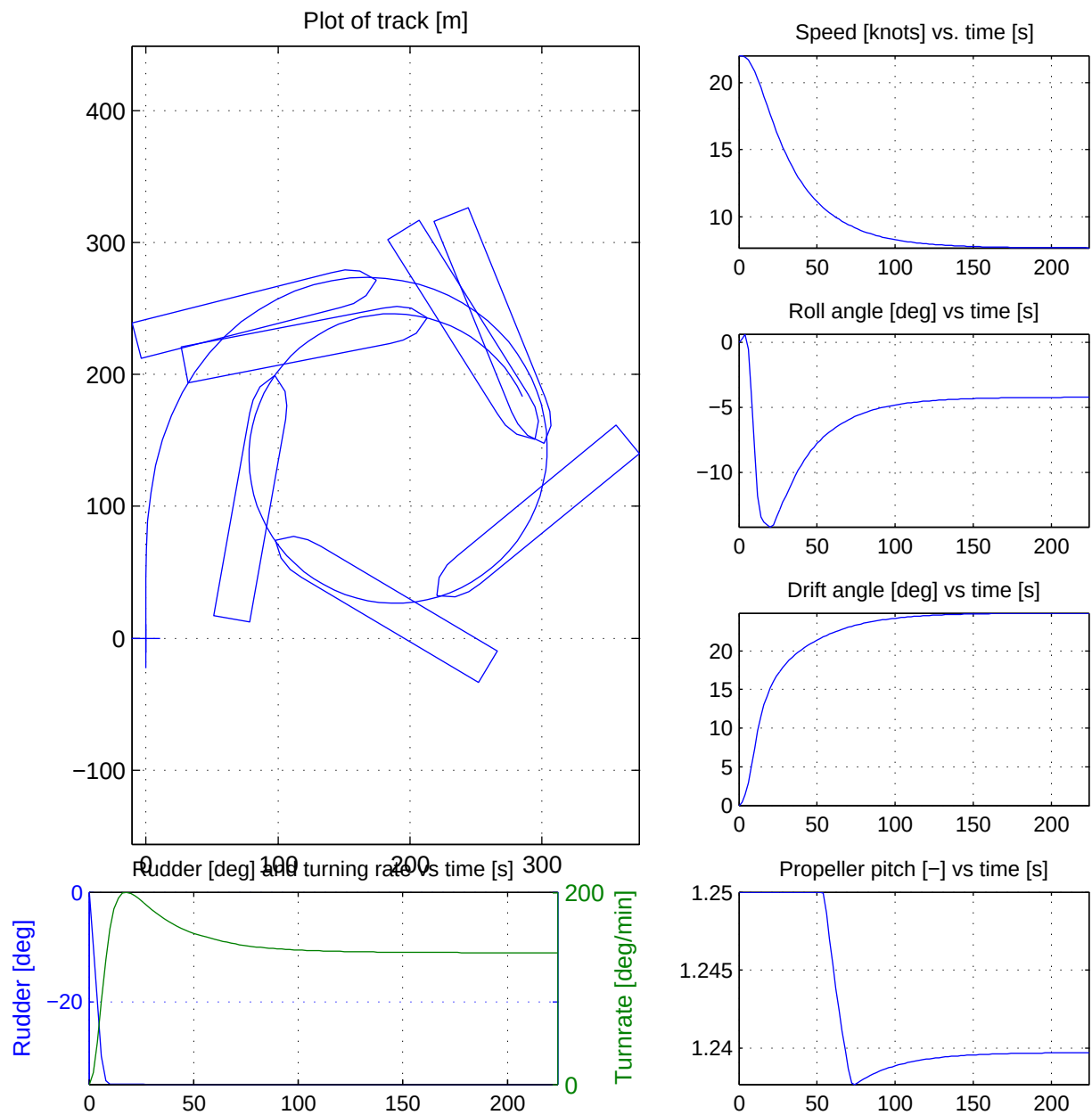
35° stbd turn 22 knots

Water depth: 200 m

Appendix 1

Figure 3

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(sek)
Advance	:	265	(m) - 1.57 L_{pp}
Transfer	:	118	(m) - 0.698 L_{pp}
Tactical diameter	:	294	(m) - 1.74 L_{pp}
Steady state turning diameter	:	230	(m) - 1.36 L_{pp}



StenaJutlandica T=6.7

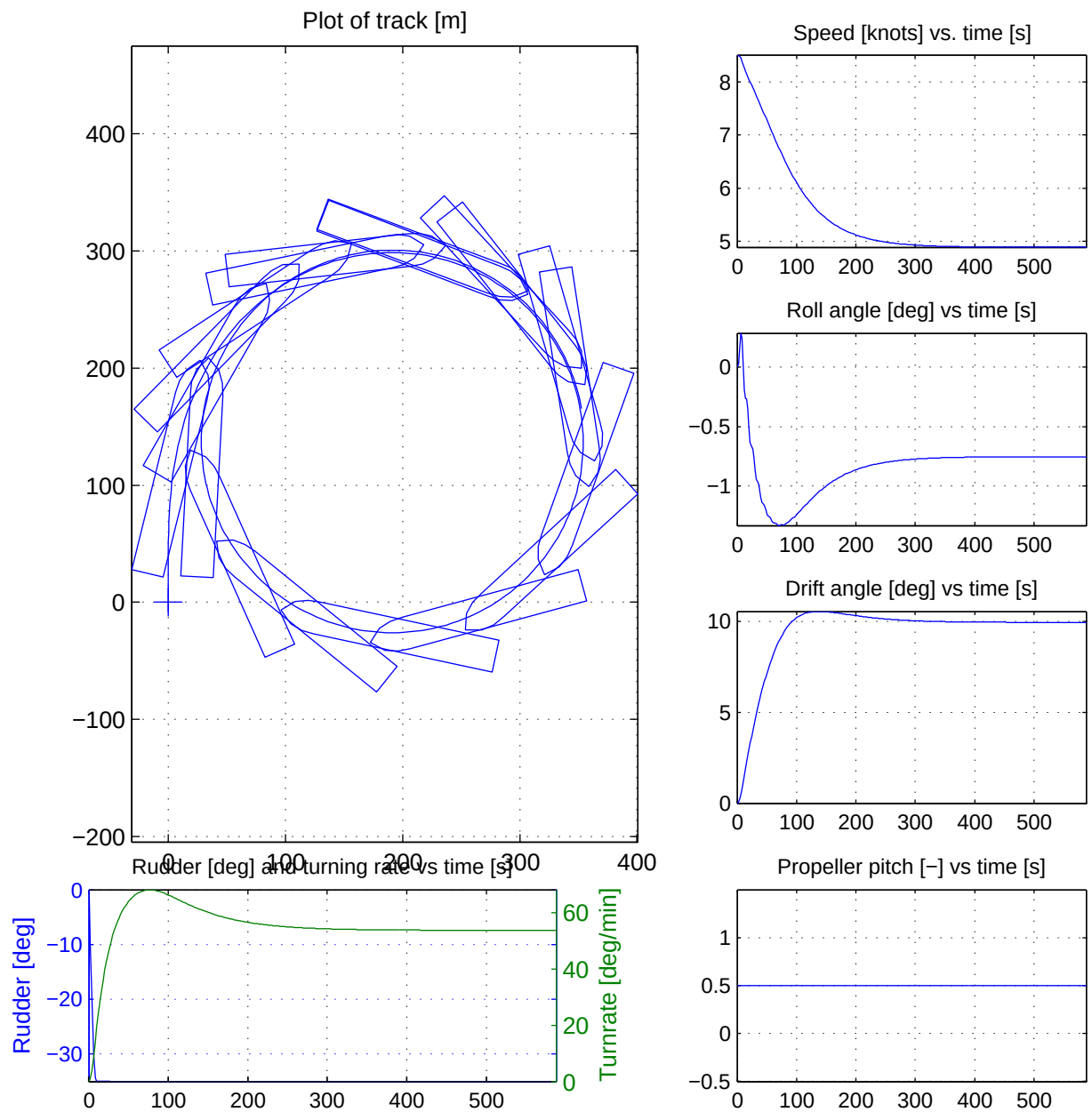
35° stbd turn 8.5 knots

Water depth: 9 m

Appendix 1

Figure 4

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(sek)
Advance	:	296	(m) - 1.75 L_{pp}
Transfer	:	161	(m) - 0.953 L_{pp}
Tactical diameter	:	351	(m) - 2.08 L_{pp}
Steady state turning diameter	:	326	(m) - 1.93 L_{pp}

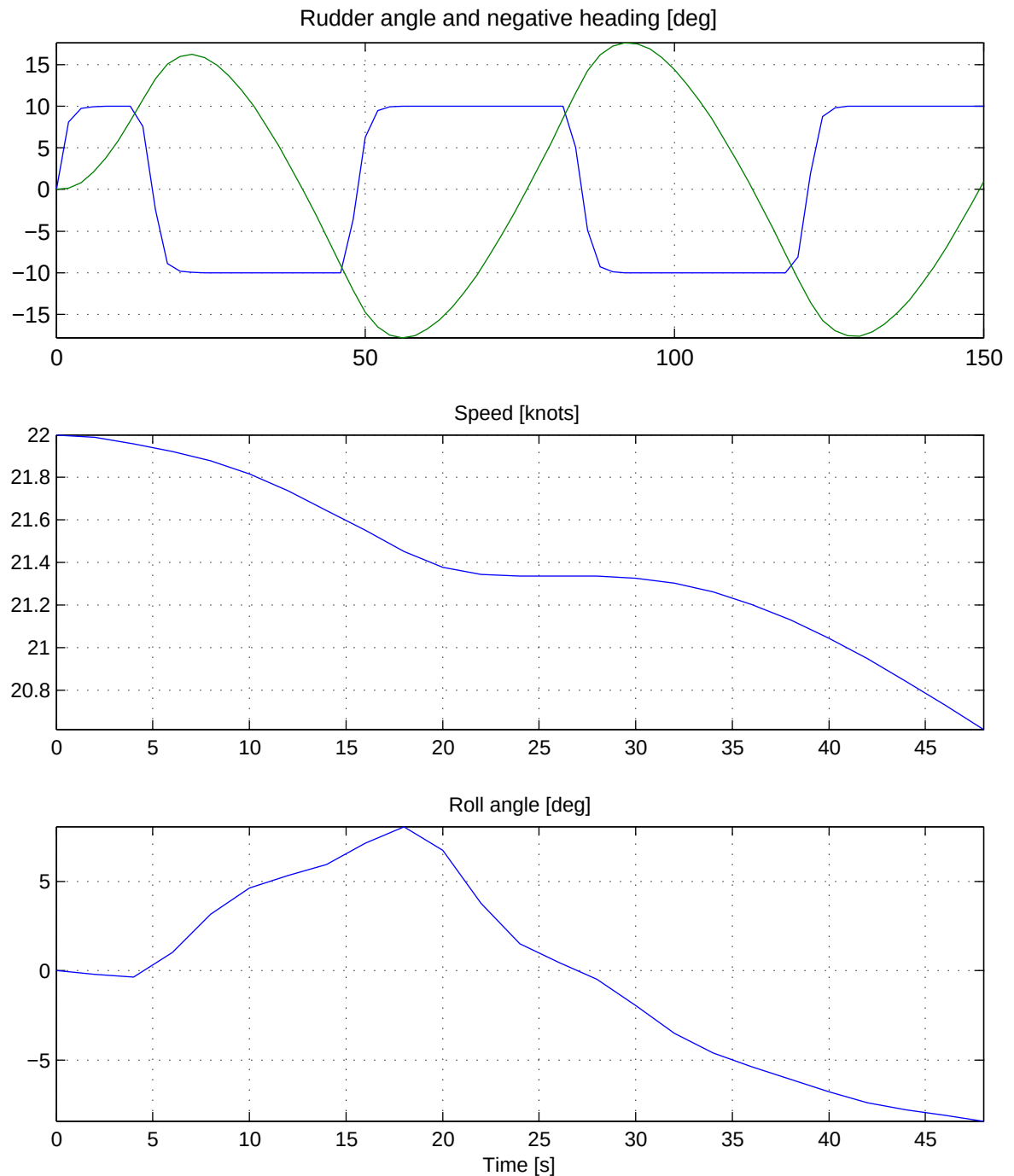


StenaJutlandica T=6.7
10°/10° Zig zag test at 22 knots
Water depth: 200 m

Appendix 1

Figure 5

RE20157522-01-00-A



First over shoot angle	:	6.2	(deg)
Second over shoot angle	:	7.8	("-")
(Dist. to second rudder command)/L	:	3	(-)
Period	:	72	(sec)
Time to second rudder command	:	46	("-")
Time to 10° change of course	:	8	("-")



StenaJutlandica T=6.7

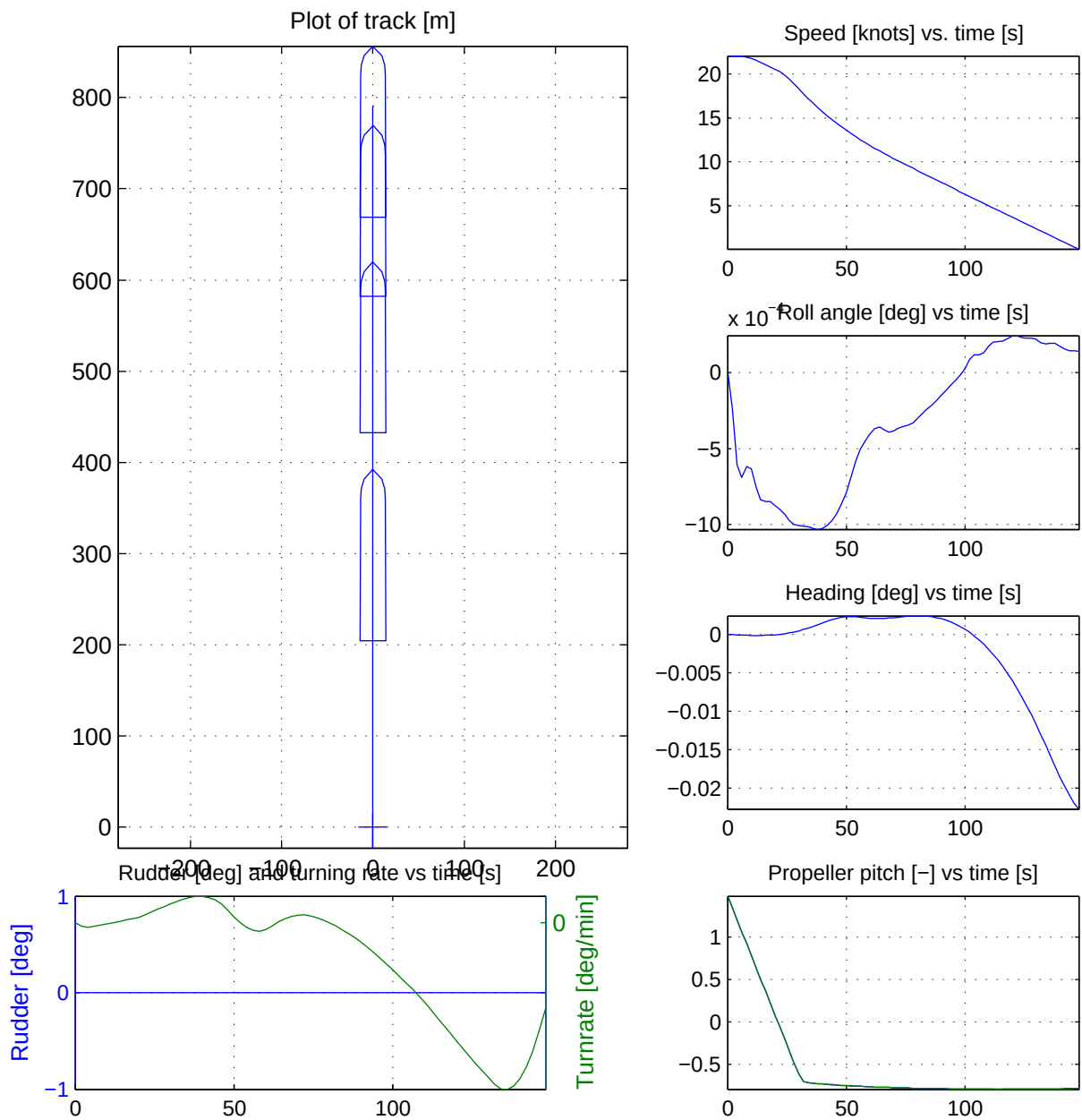
Crash stop at 22 knots

Water depth: 200 m

Appendix 1

Figure 6

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(s)	
Head reach	:	791	(m)	- 4.7 L_{pp}
Track reach	:	814	(m)	- 4.8 L_{pp}
Transfer	:	0	(m)	- 0.0 L_{pp}
Time to stop	:	148	(s)	- 2.5 min

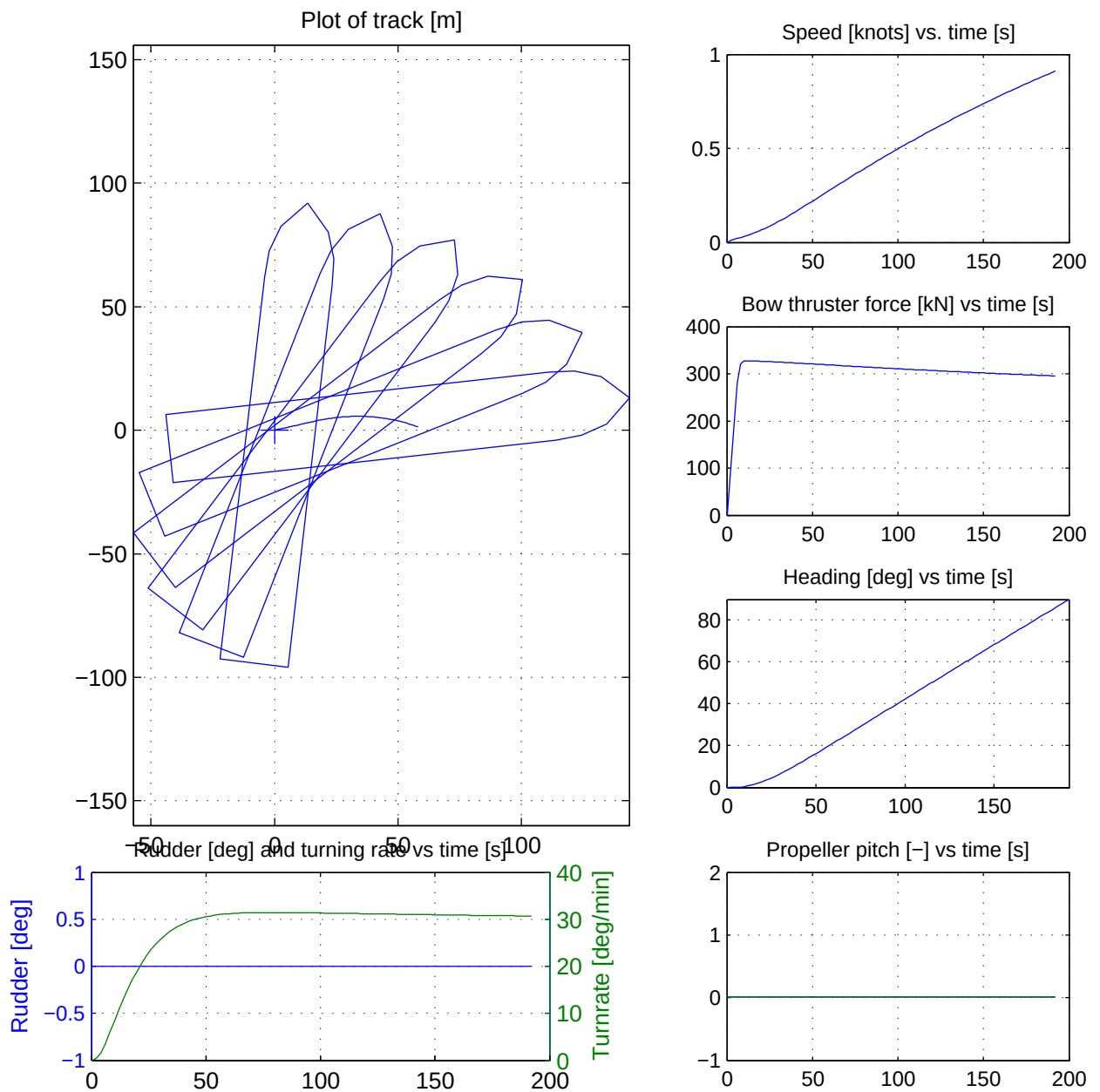


StenaJutlandica T=6.7
Bow thruster test at 0 knots
Water depth: 200 m

Appendix 1

Figure 7

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(s)
Time to 90 degrees	:		(s)
Max turn rate	:	31	(deg/min)

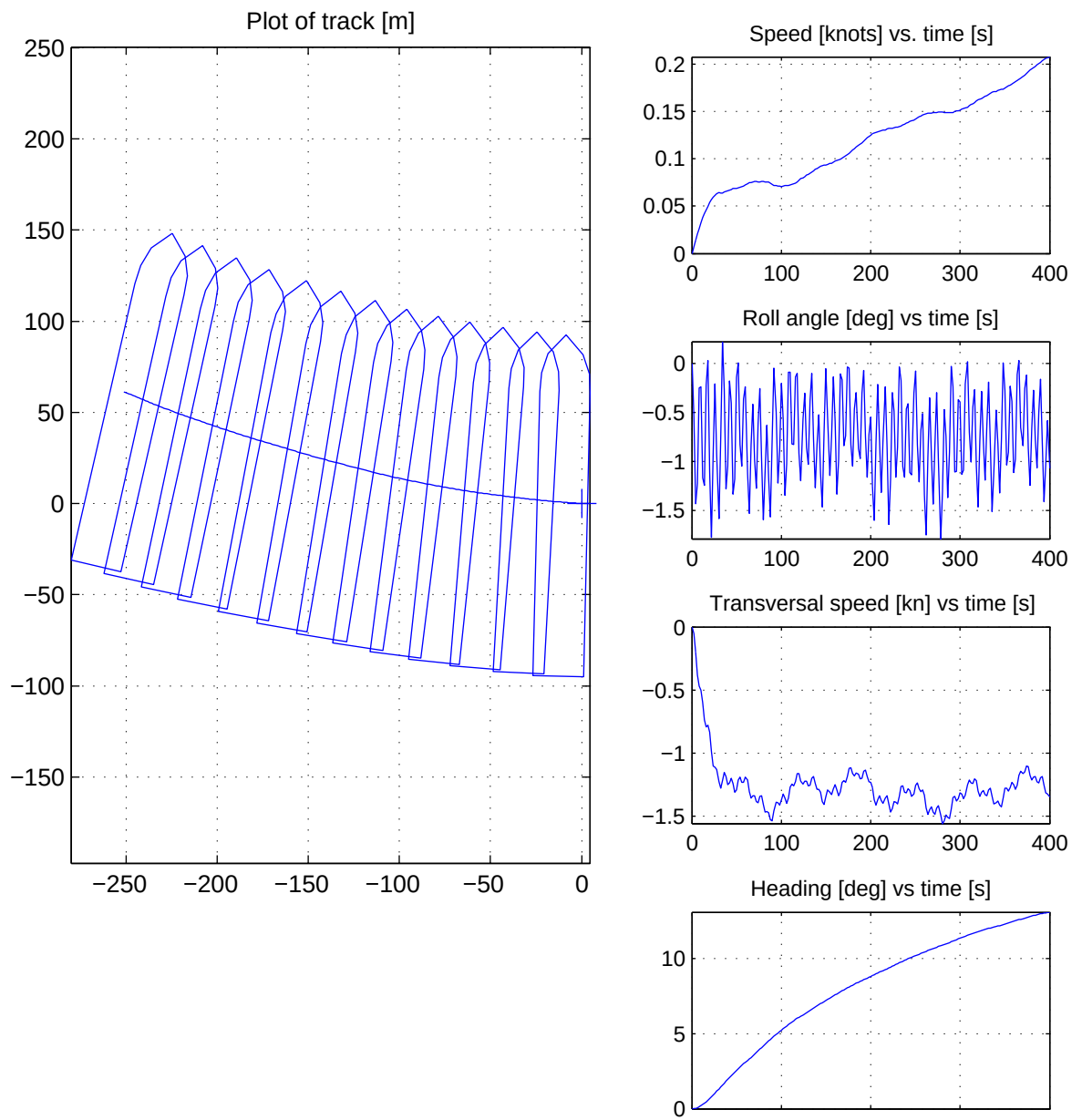


StenaJutlandica T=6.7
Drift in wind VT=20 m/s Dir=90 °
Water depth=200 m

Appendix 1

Figure 8

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(sek)
Final drift speed	:	1.36	(kn)
Final heading	:	13.1	(deg)

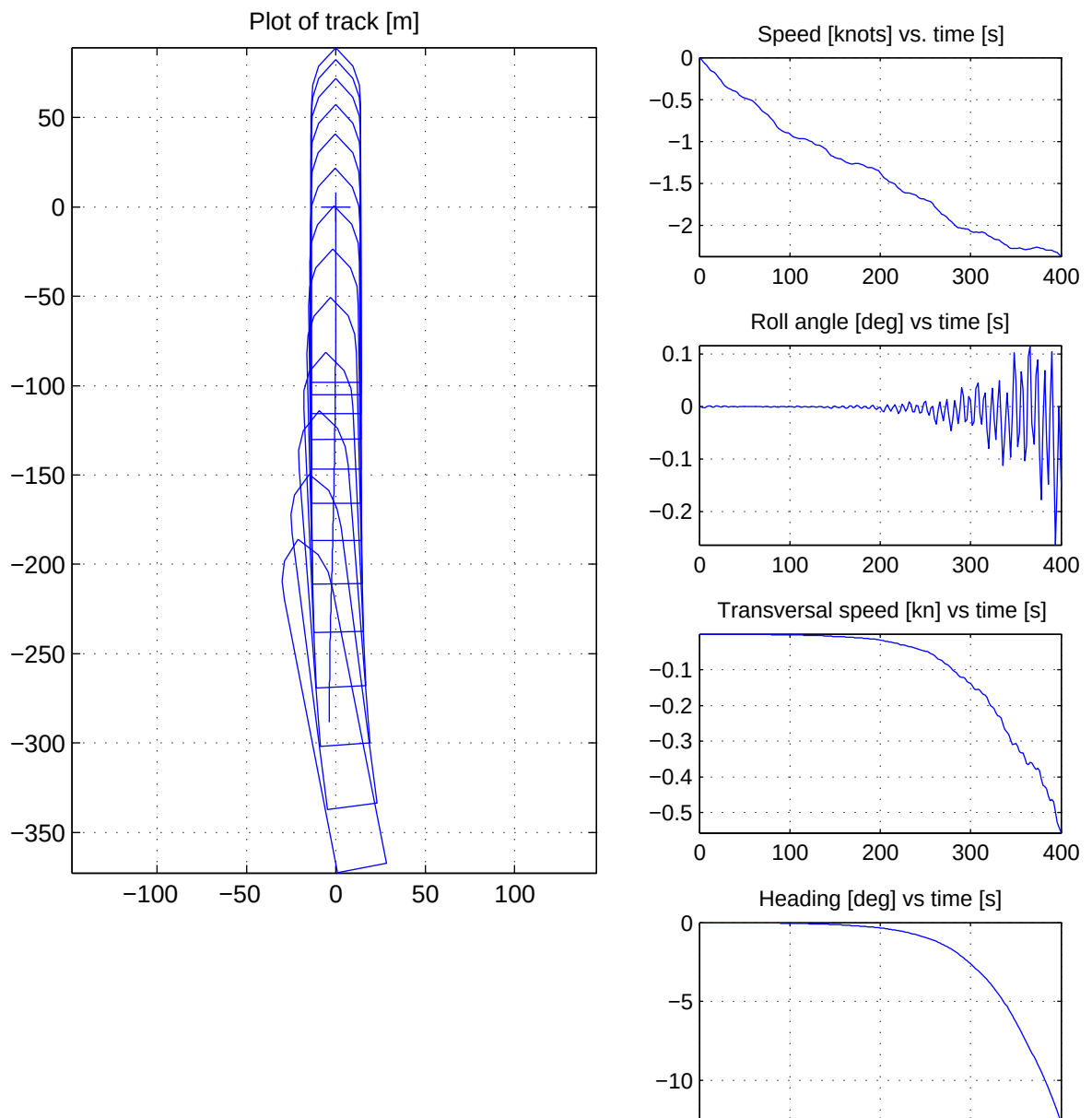


StenaJutlandica T=6.7
Drift in wind VT=20 m/s Dir=0 °
Water depth=200 m

Appendix 1

Figure 9

RE20157522-01-00-A



Time between plots	:	30	(sek)
Final drift speed	:	2.43	(kn)
Final heading	:	-12.6	(deg)



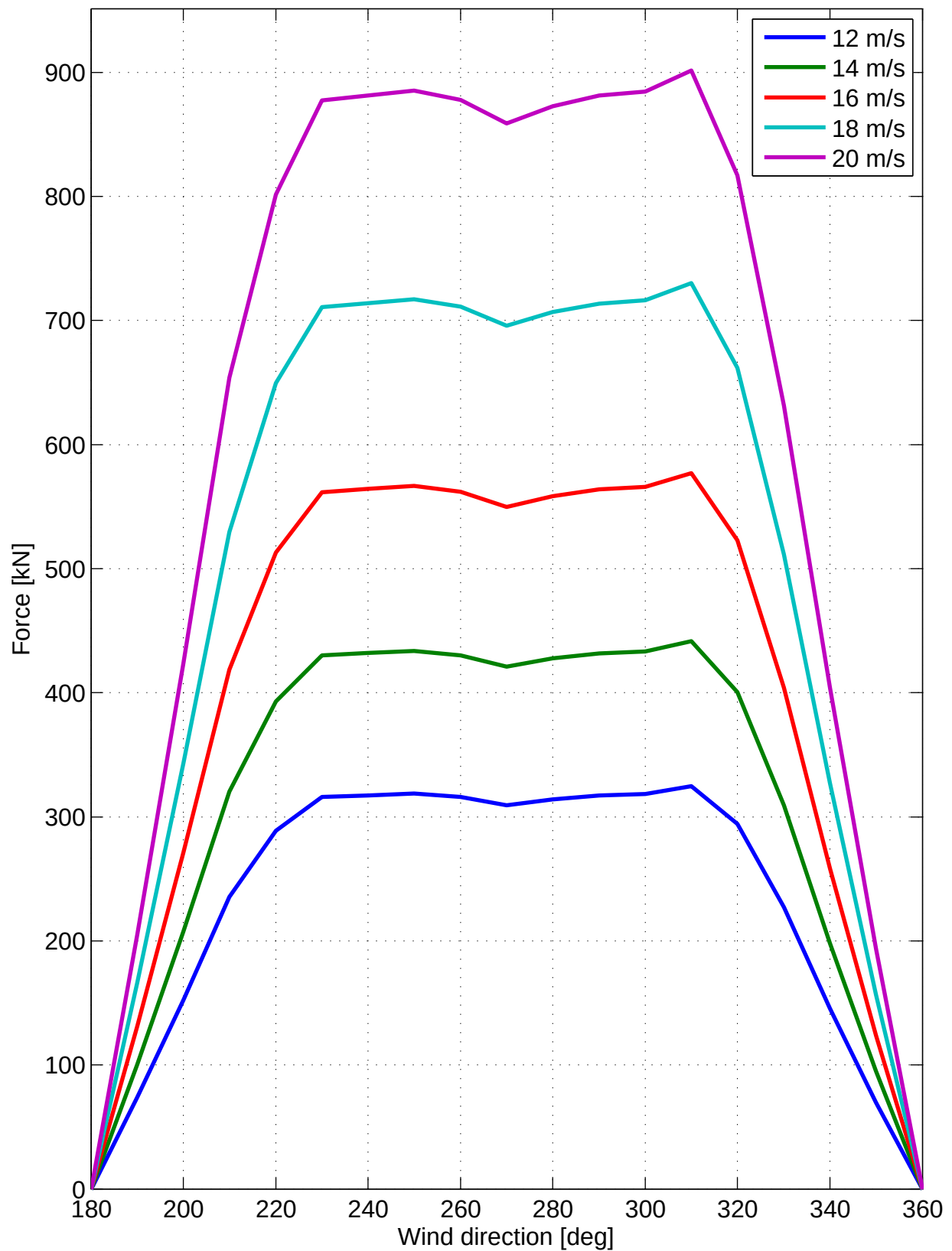
StenaJutlandica T=6.7

Wind test
Different wind speeds
and wind directions

Appendix 1

Figure 10

RE20157522-01-00-A





StenaJutlandica T=6.7
Wind forces and Steering forces

Appendix 1

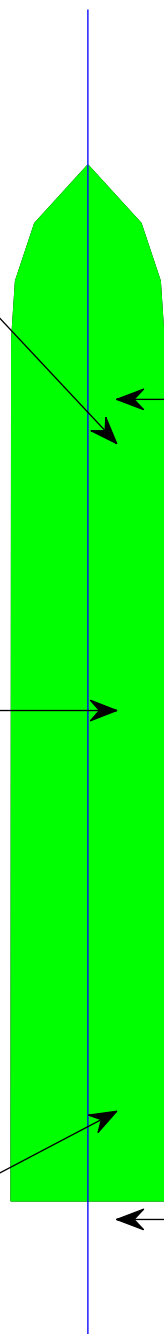
Figure 11

RE20157522-01-00-A

Wind velocity	Side force	Turning moment
8	145	1882
14	445	5765
16	582	7530
18	737	9530
20	909	11765

Wind velocity	Side force	Turning moment
8	137	-849
14	420	-2599
16	549	-3394
18	695	-4296
20	858	-5303

Wind velocity	Side force	Turning moment
8	140	-3580
14	429	-10963
16	560	-14319
18	709	-18122
20	875	-22372



Max side force bow thruster 656 [kN]

Negative numbers mean to port
Positive numbers mean to stbd

Overview

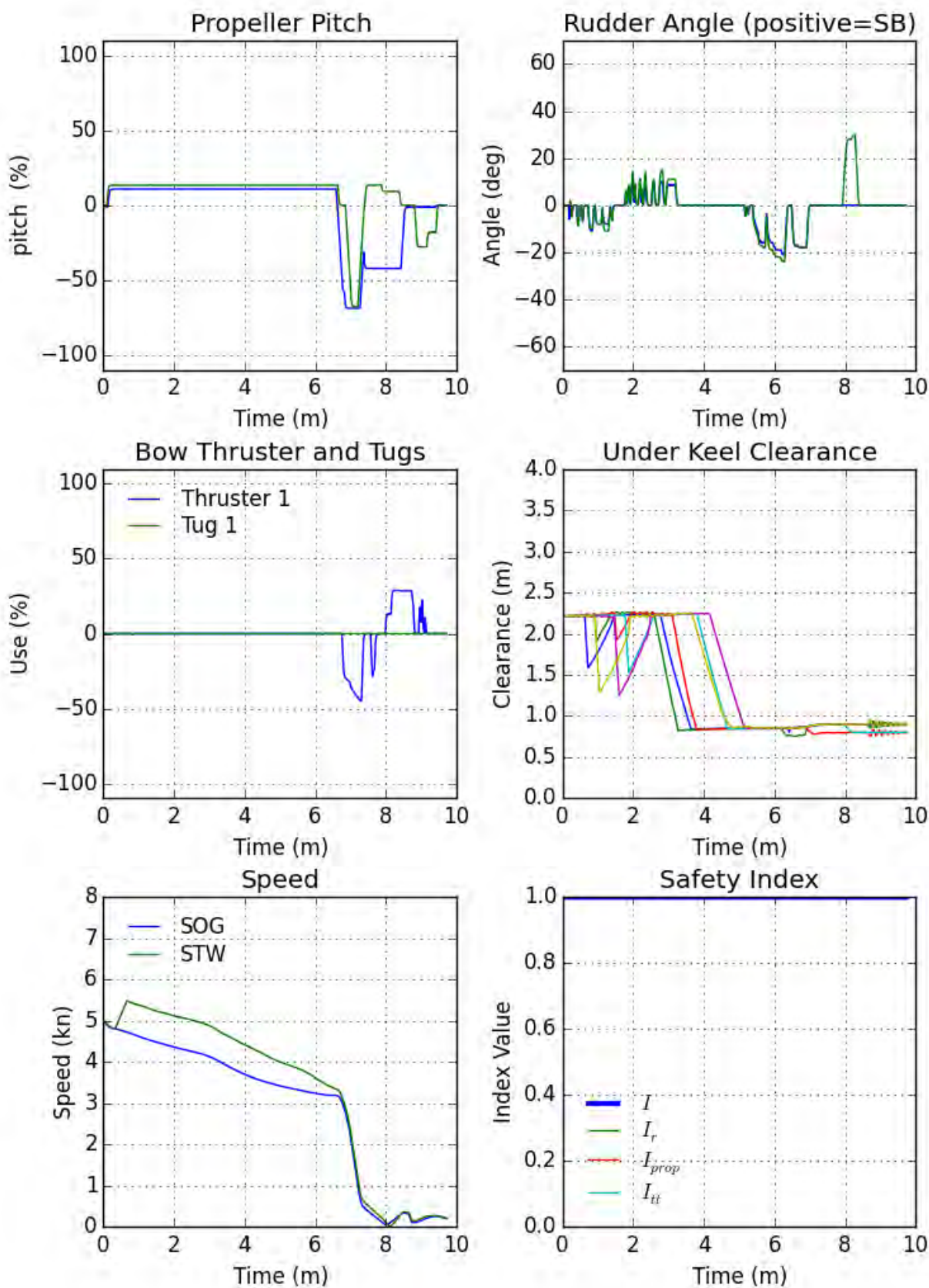
This appendix contains figures from all simulations referenced in the report.

Number	Ship Name & Load Condition	Wind Speed	Wind Dir	Safety Index	Page
0	StenaJutlandica	6.0	270.0	10	2
1	StenaJutlandica	6.0	270.0	10	4
2	StenaJutlandica	12.0	270.0	10	6
3	StenaJutlandica	15.0	270.0	9	8
4	StenaJutlandica	20.0	270.0	9	10
5	StenaJutlandica	20.0	270.0	10	12
6	StenaJutlandica	22.0	270.0	10	14
7	StenaJutlandica	25.0	270.0	10	16
8	StenaJutlandica	15.0	180.0	10	18
9	StenaJutlandica	18.0	180.0	9	20
10	StenaJutlandica	18.0	180.0	6	22
11	StenaJutlandica	18.0	0.0	9	24
12	StenaJutlandica	20.0	0.0	9	26
13	StenaJutlandica	20.0	90.0	10	28
14	StenaJutlandica	15.0	270.0	10	30
15	StenaJutlandica	20.0	270.0	10	32
16	StenaJutlandica	25.0	270.0	9	34
17	StenaJutlandica	20.0	180.0	9	36
18	StenaJutlandica	18.0	0.0	9	38
19	StenaJutlandica	20.0	0.0	6	40
20	StenaJutlandica	20.0	90.0	9	42
21	StenaJutlandica	15.0	225.0	10	44
22	StenaJutlandica	18.0	225.0	10	46
23	StenaJutlandica	20.0	225.0	9	48
24	StenaJutlandica	22.0	225.0	6	50
25	StenaJutlandica	20.0	315.0	9	52
26	StenaJutlandica	20.0	135.0	6	54
27	StenaJutlandica	6.0	270.0	10	56
28	StenaJutlandica	6.0	270.0	10	58
29	StenaJutlandica	6.0	270.0	10	60
30	StenaJutlandica	10.0	225.0	8	62
31	StenaJutlandica	10.0	225.0	8	64
32	StenaJutlandica	15.0	180.0	9	66

Simulation 0

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	6.0 m/s
Winddir	270.0 deg

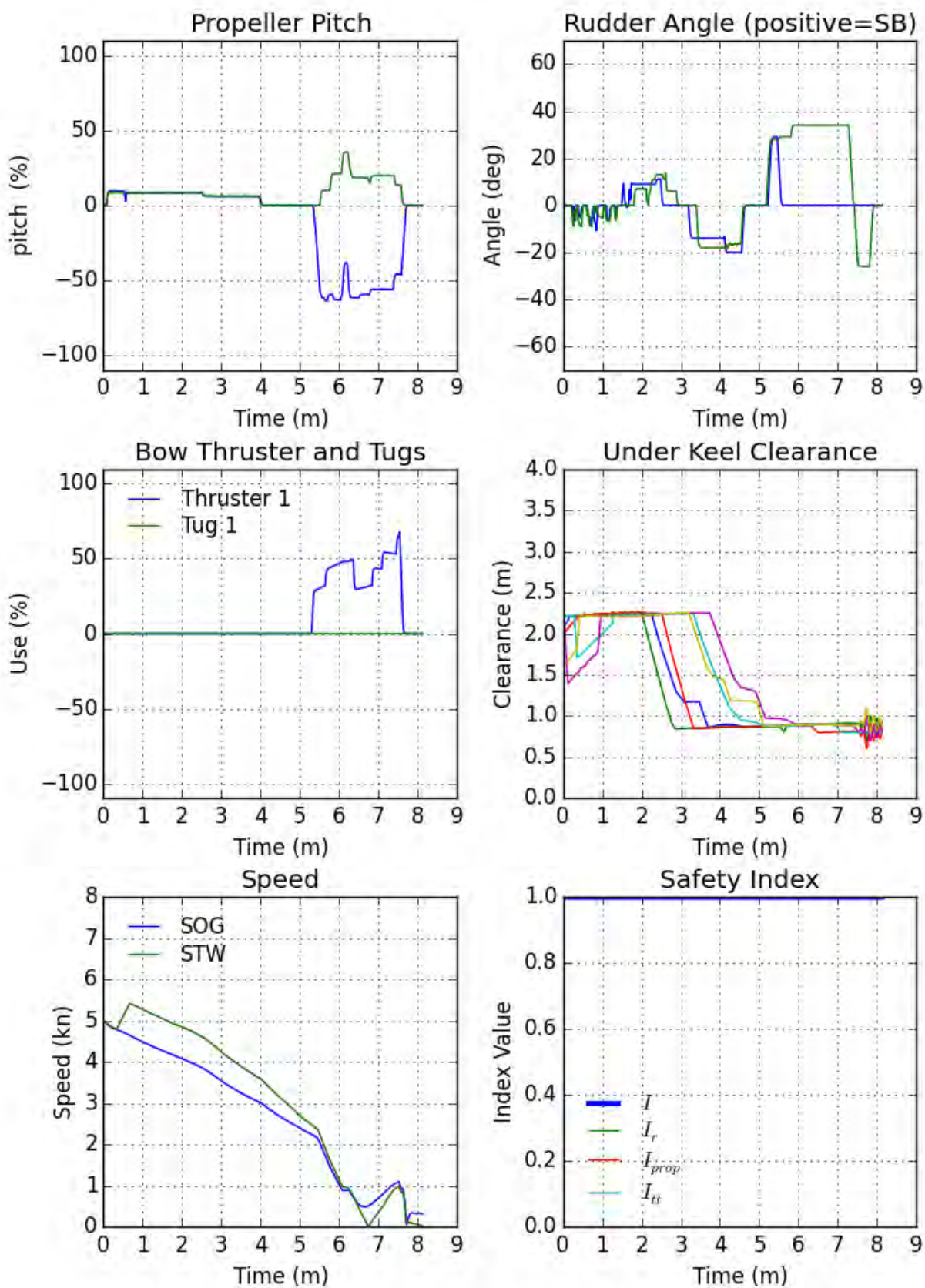




Simulation 1

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	6.0 m/s
Winddir	270.0 deg

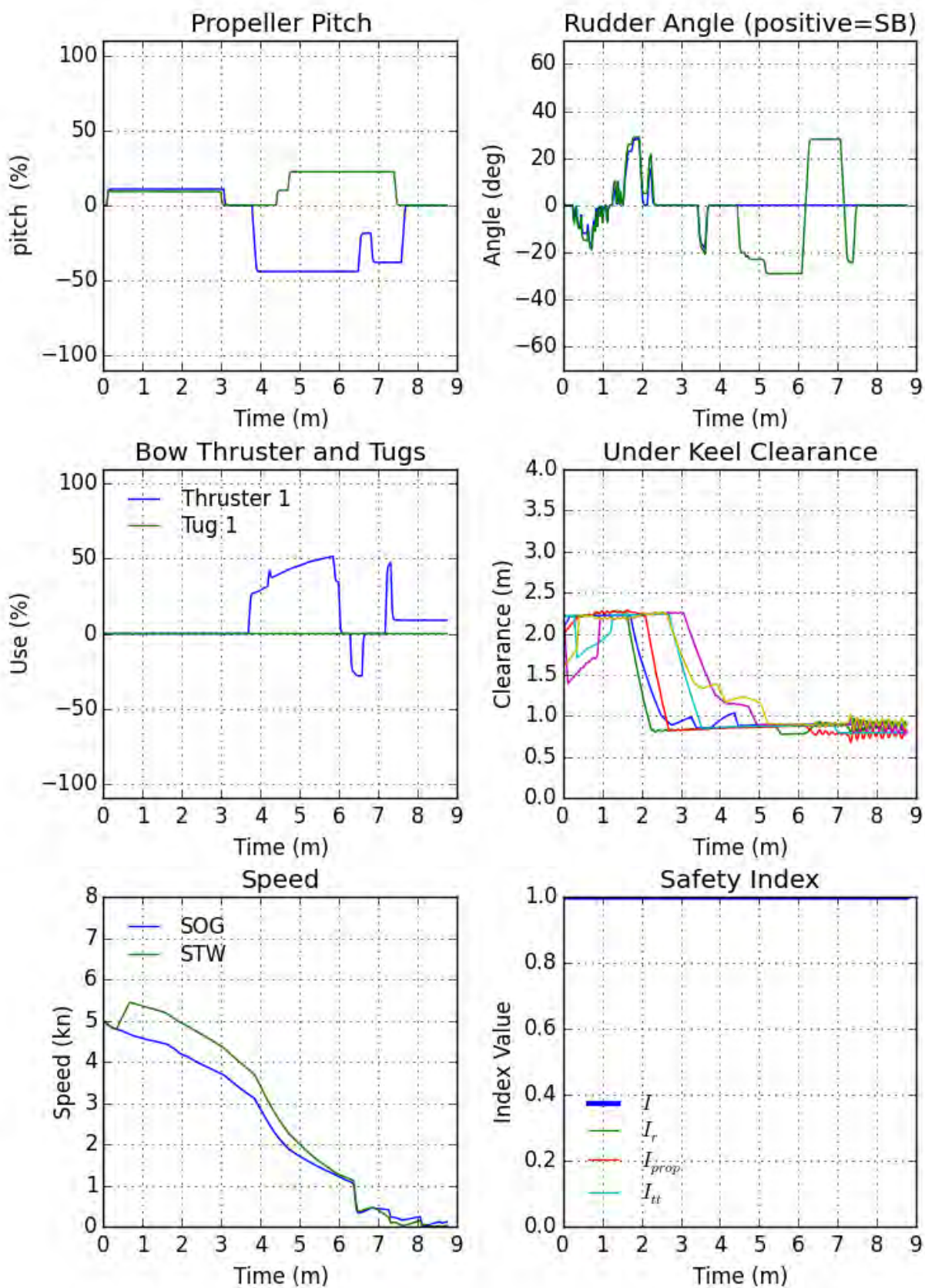




Simulation 2

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	12.0 m/s
Winddir	270.0 deg

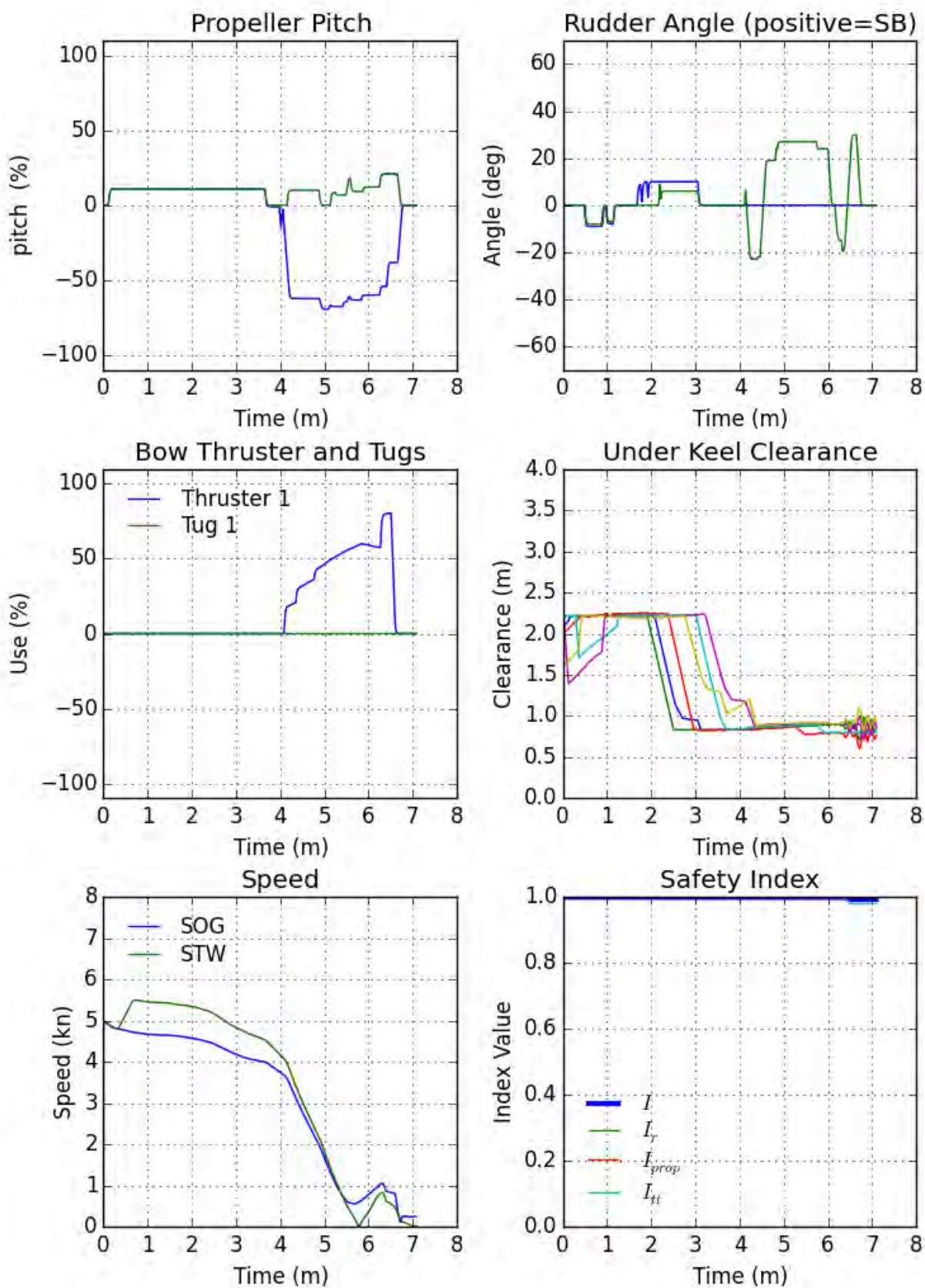




Simulation 3

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	15.0 m/s
Winddir	270.0 deg

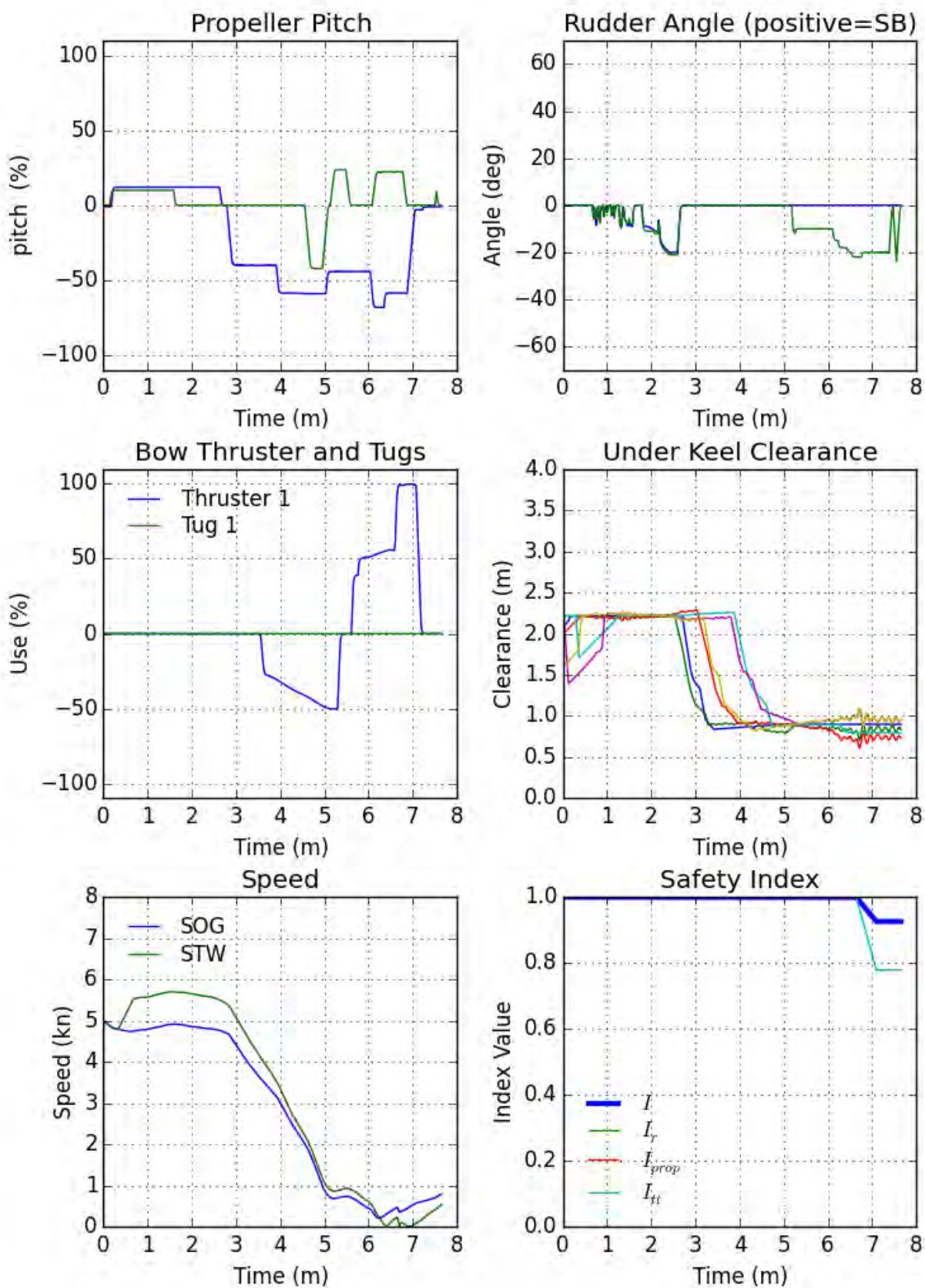




Simulation 4

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	270.0 deg

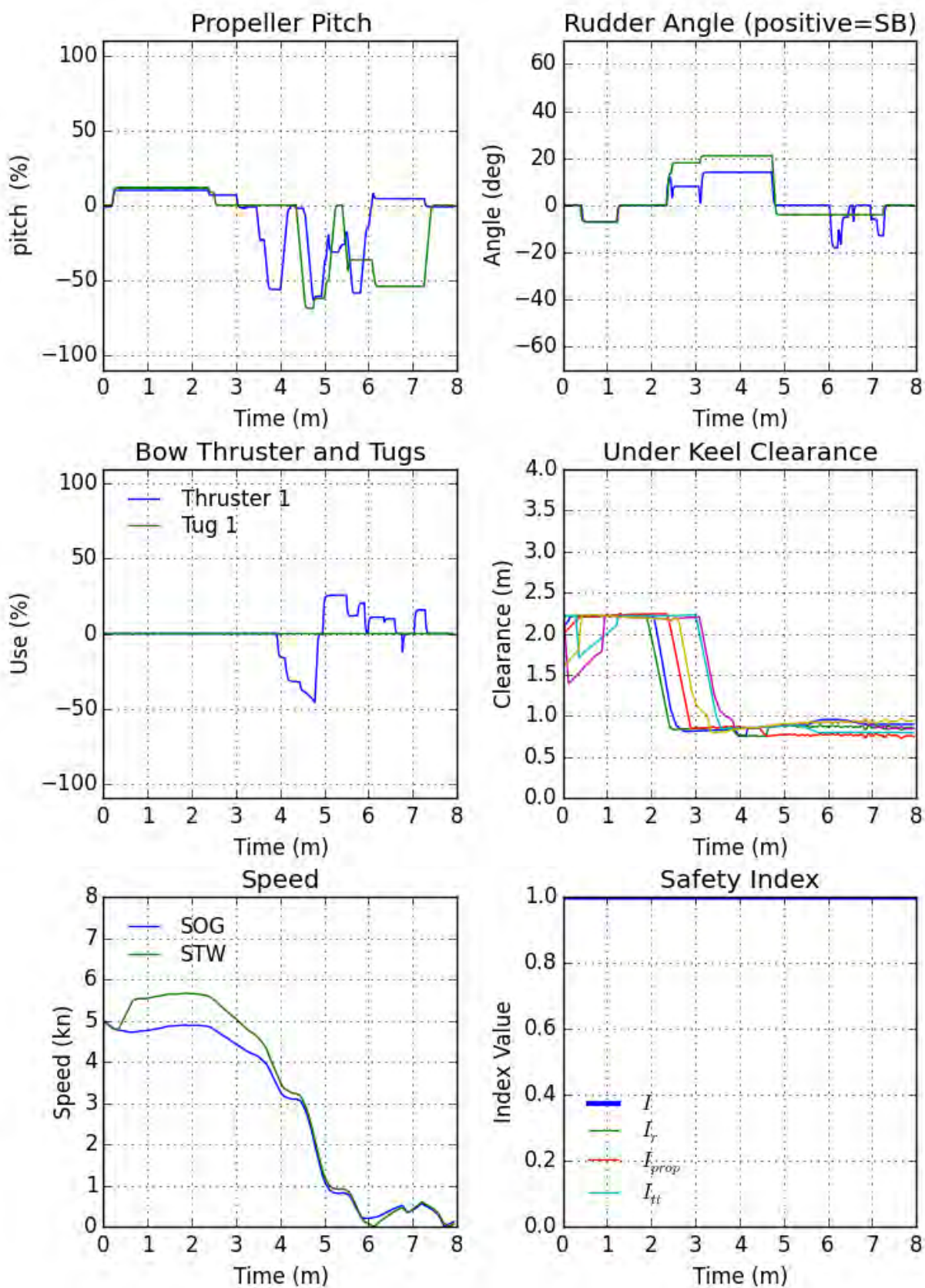




Simulation 5

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	270.0 deg

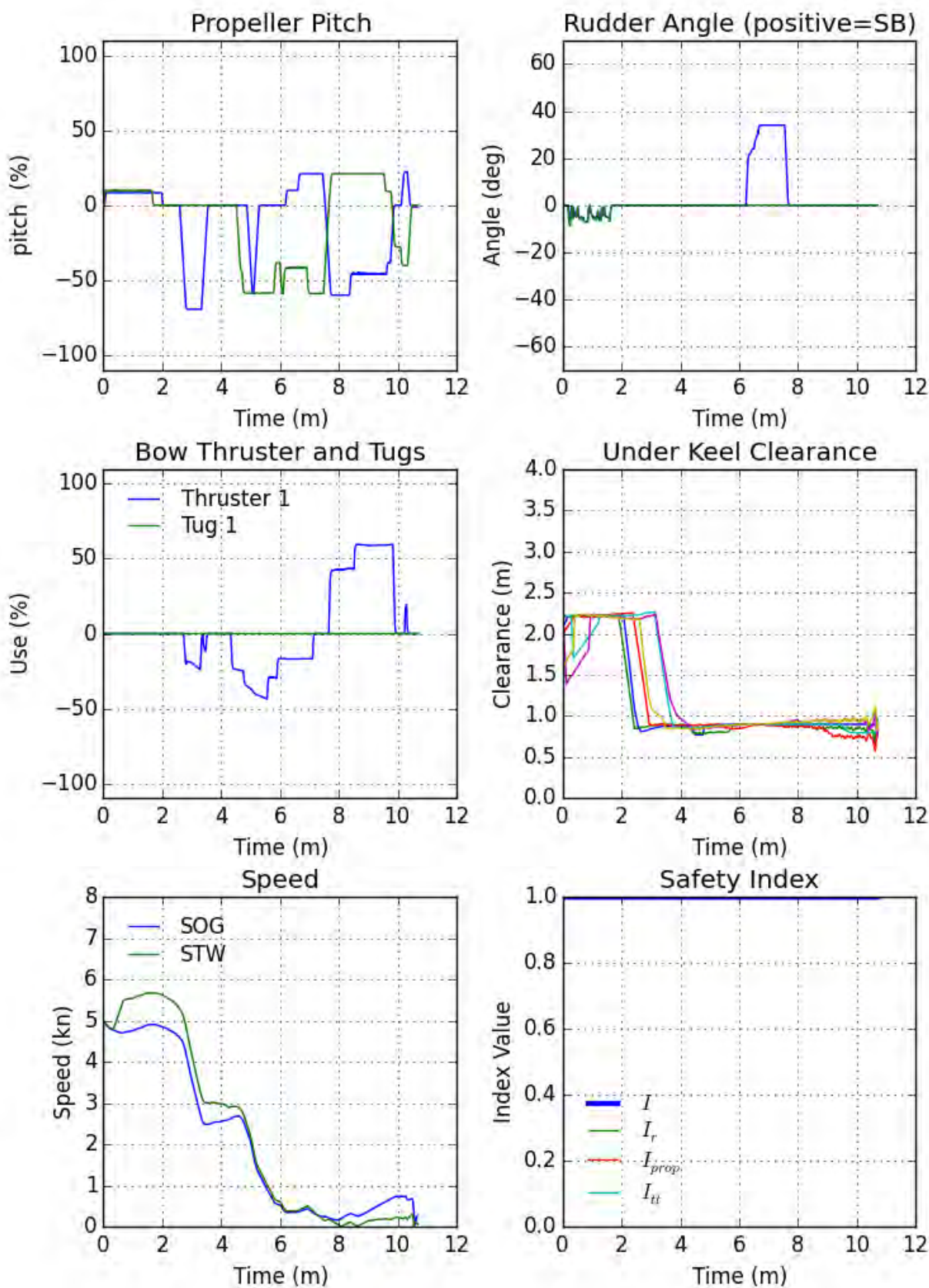




Simulation 6

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	22.0 m/s
Winddir	270.0 deg

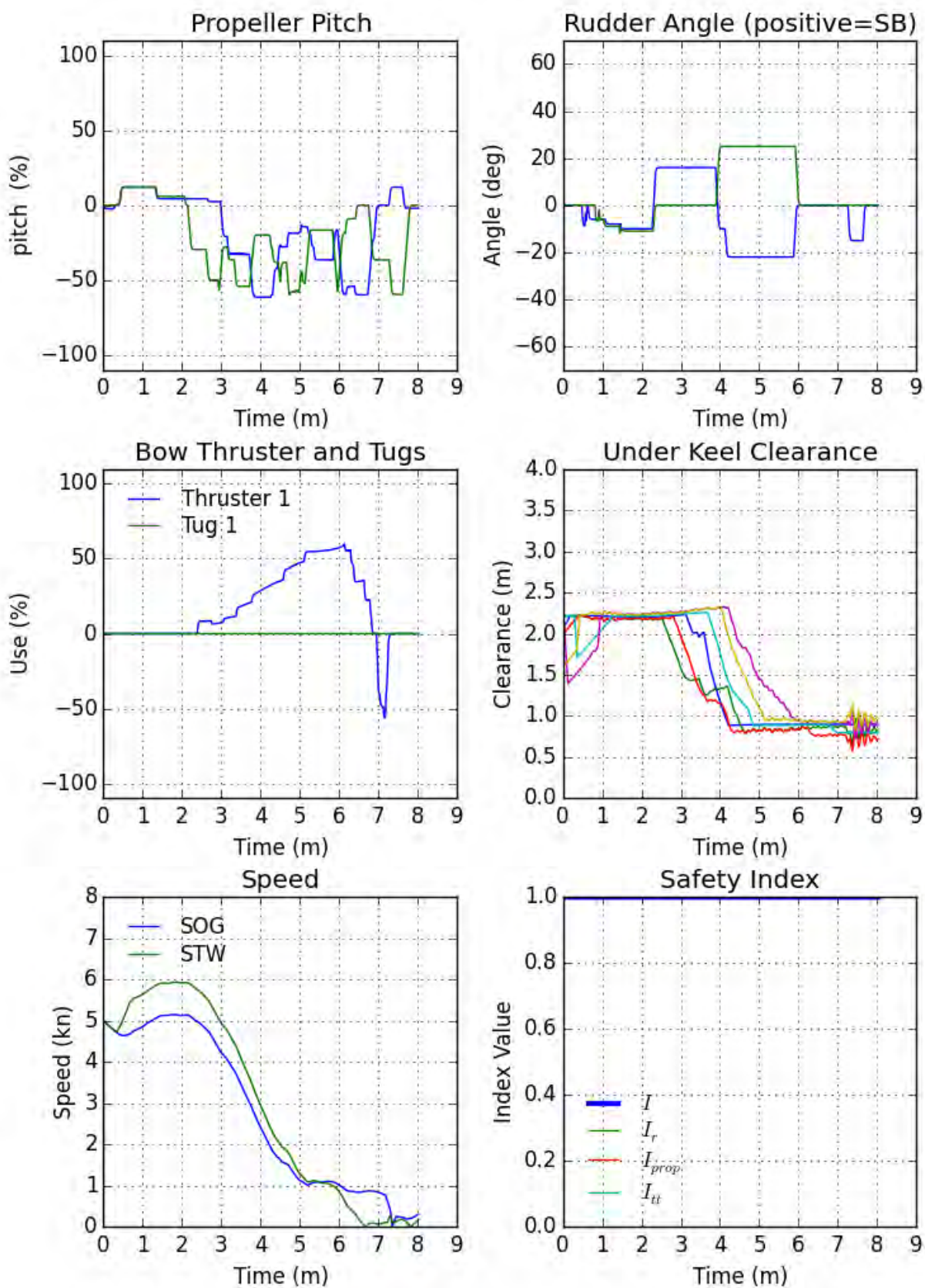




Simulation 7

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	25.0 m/s
Winddir	270.0 deg

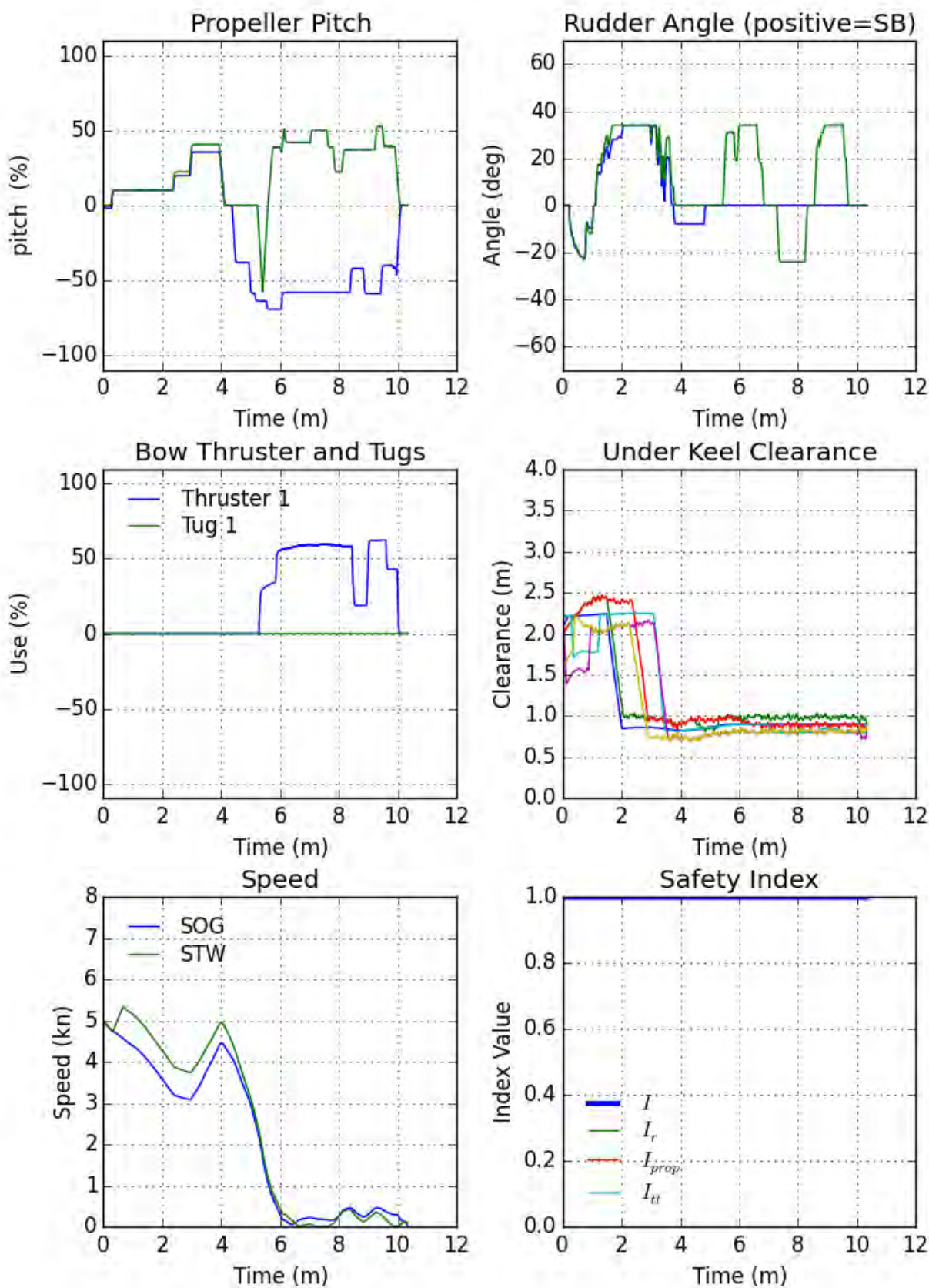




Simulation 8

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	15.0 m/s
Winddir	180.0 deg

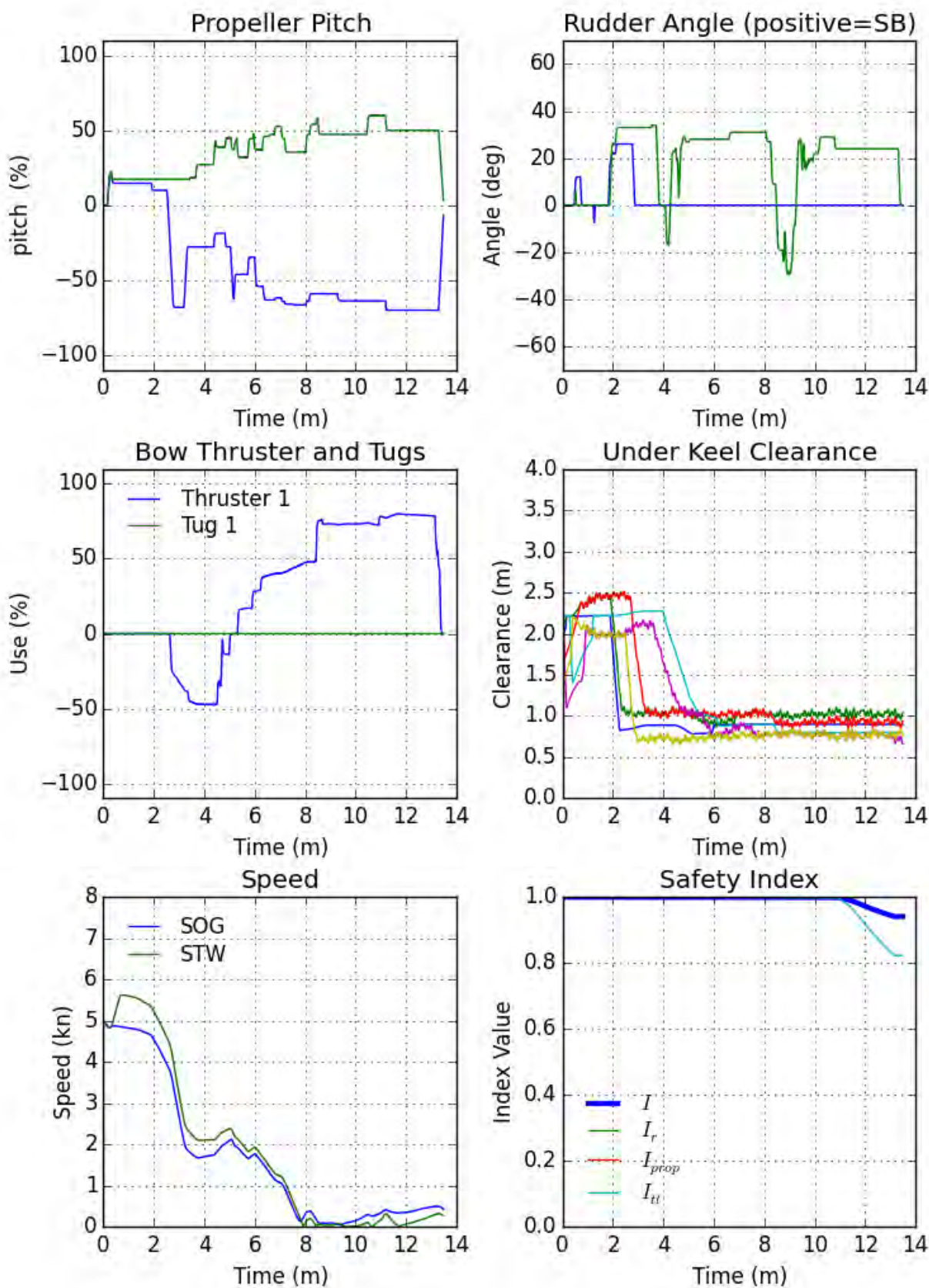




Simulation 9

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	18.0 m/s
Winddir	180.0 deg

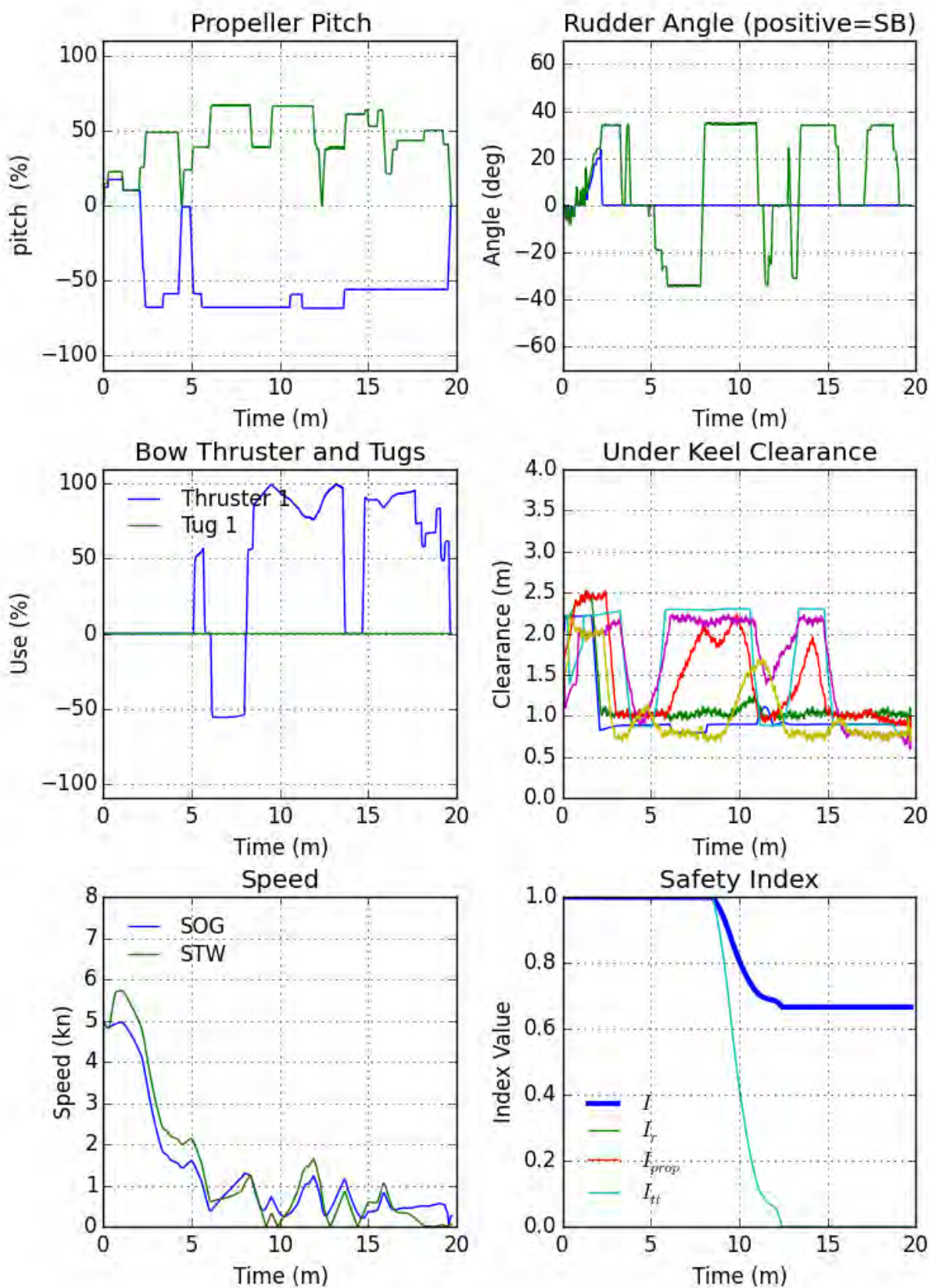




Simulation 10

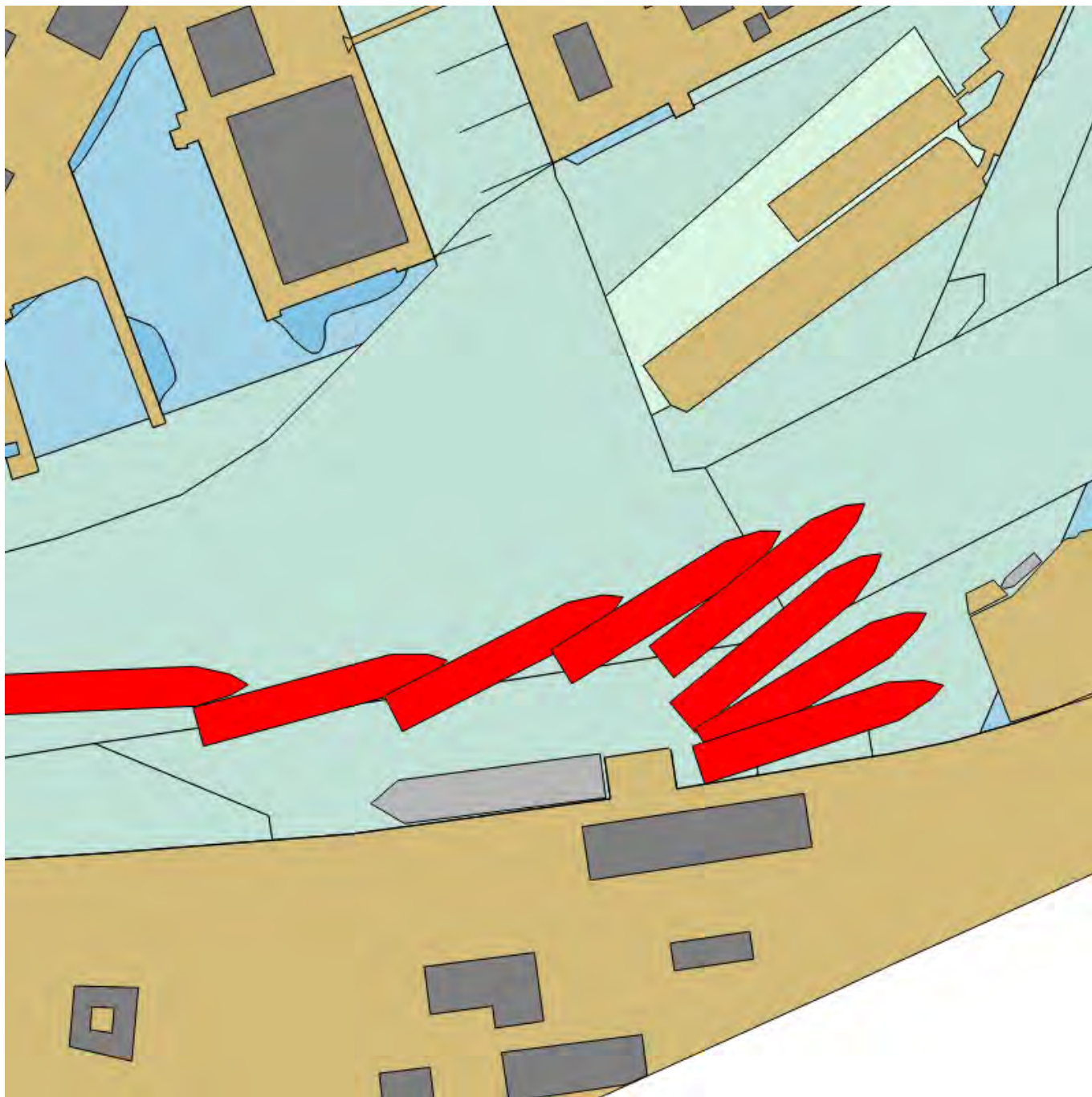
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	18.0 m/s
Winddir	180.0 deg

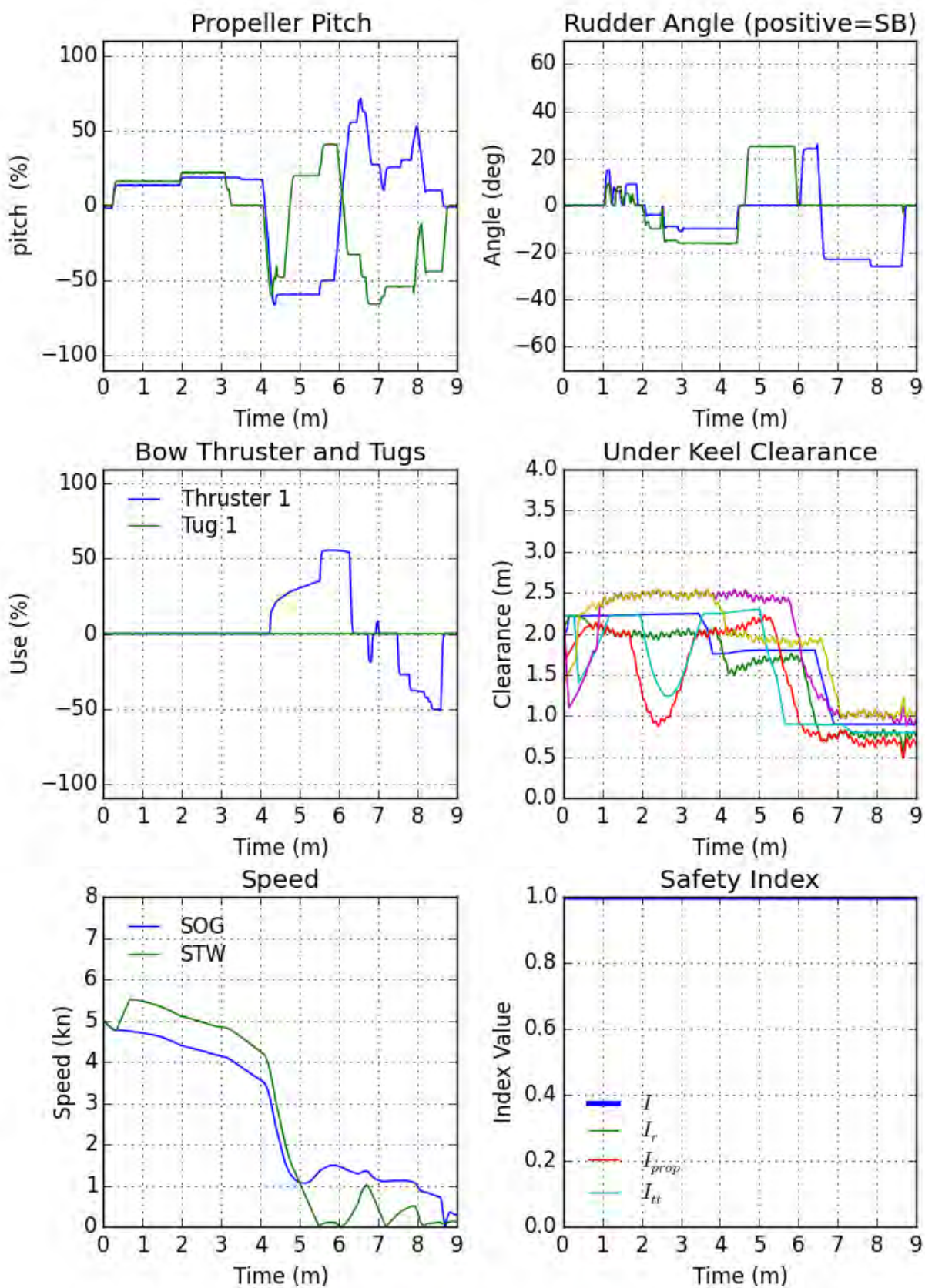




Simulation 11

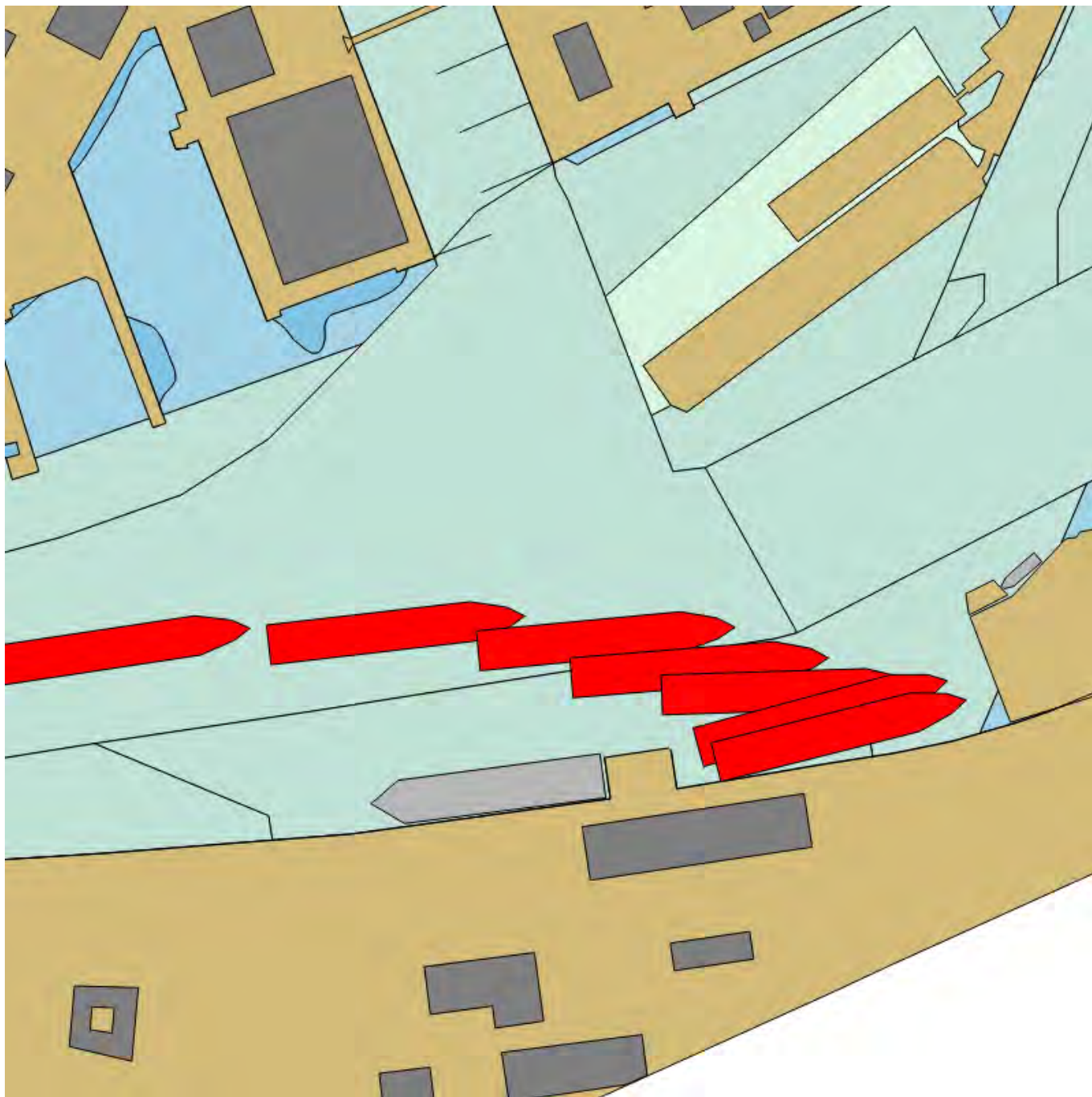
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	18.0 m/s
Winddir	0.0 deg

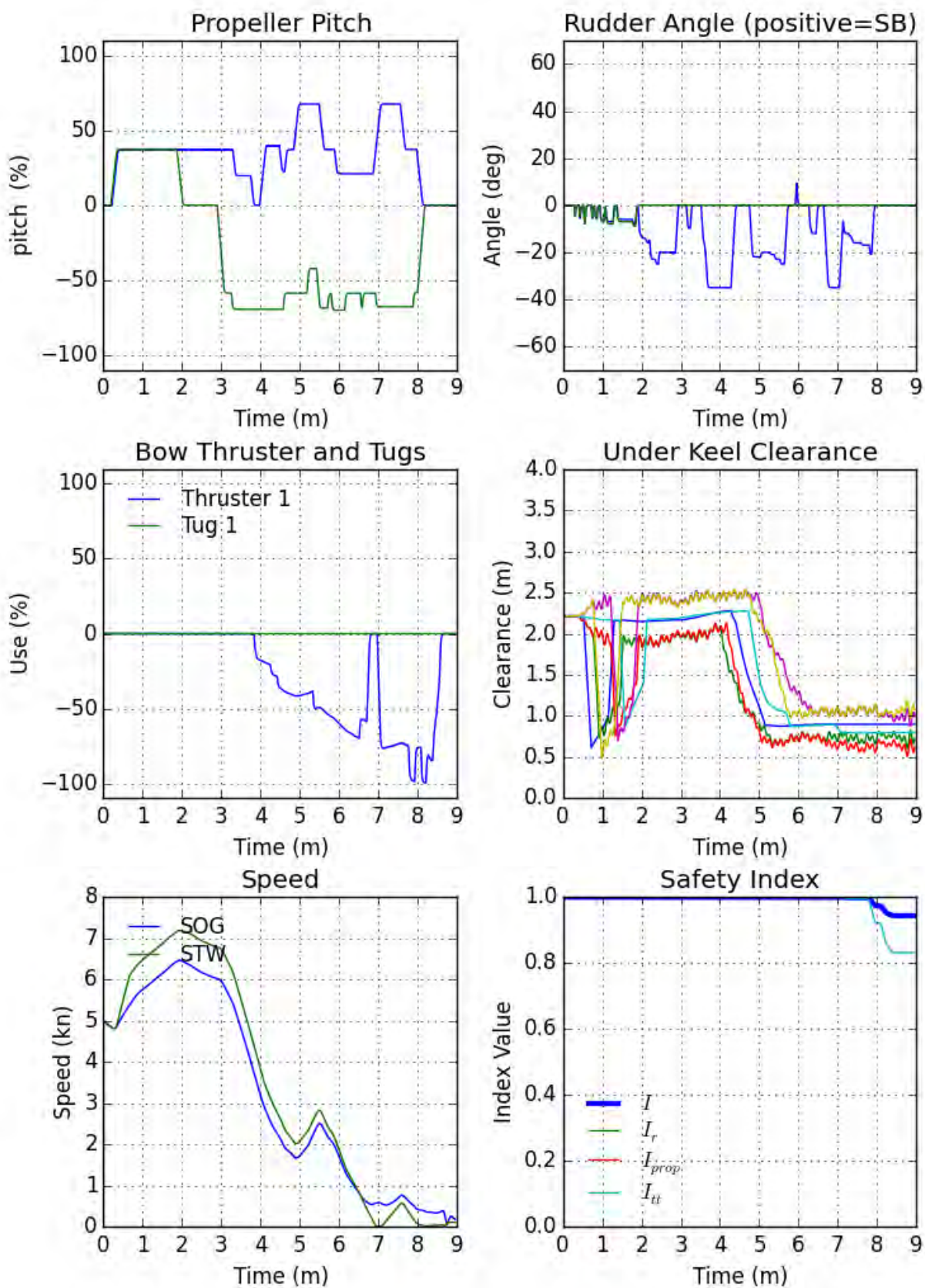




Simulation 12

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	0.0 deg

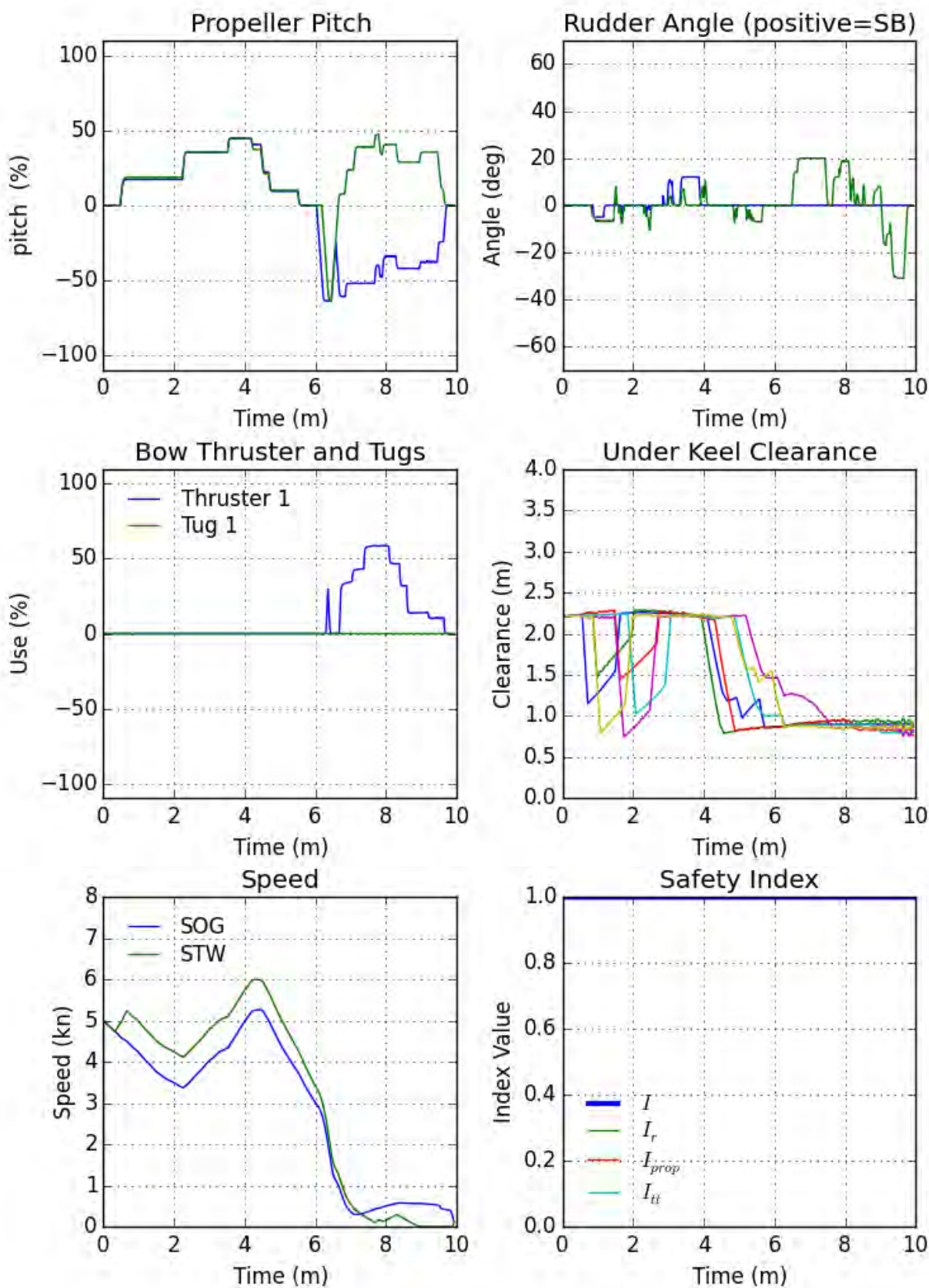




Simulation 13

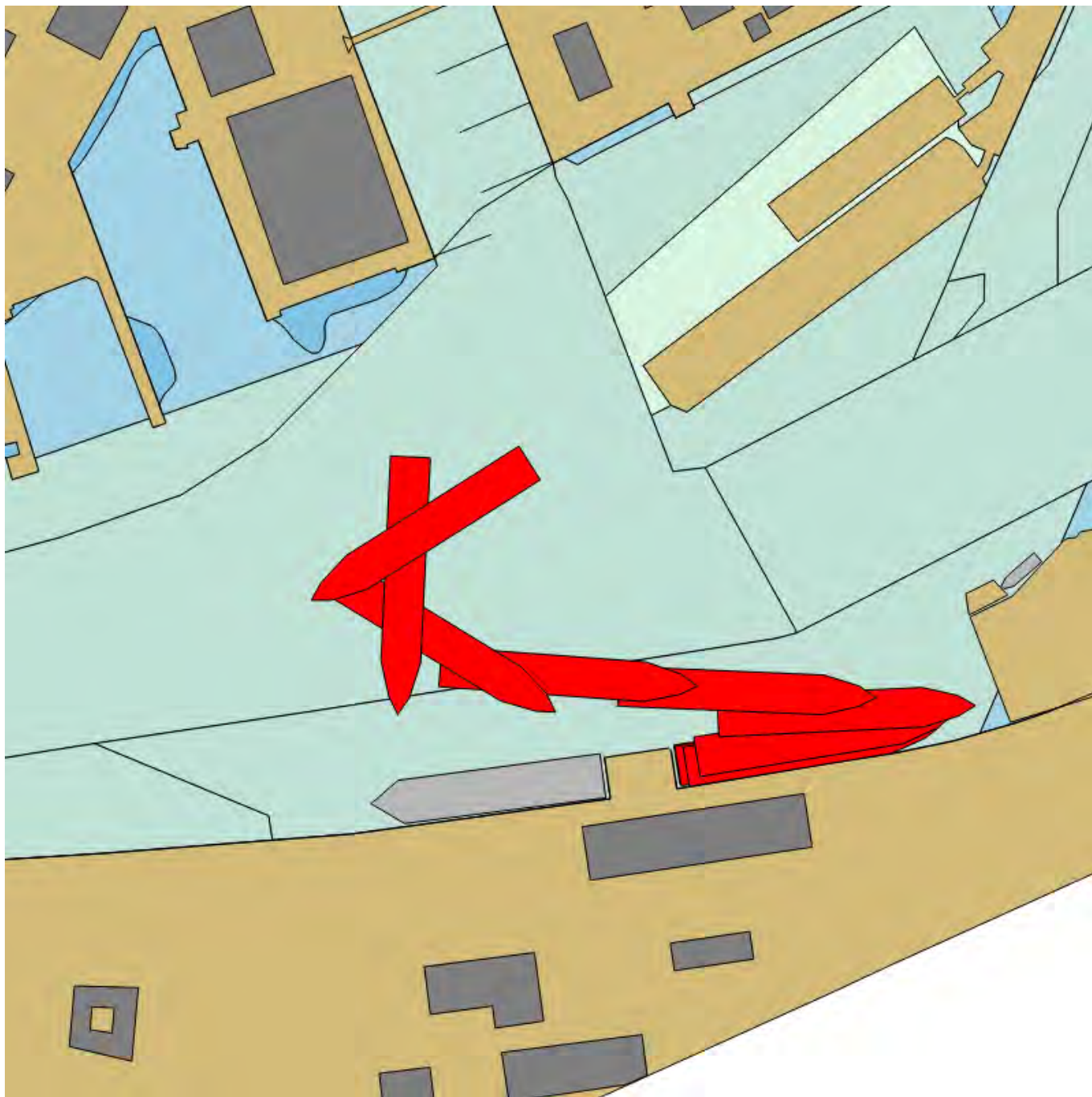
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	90.0 deg

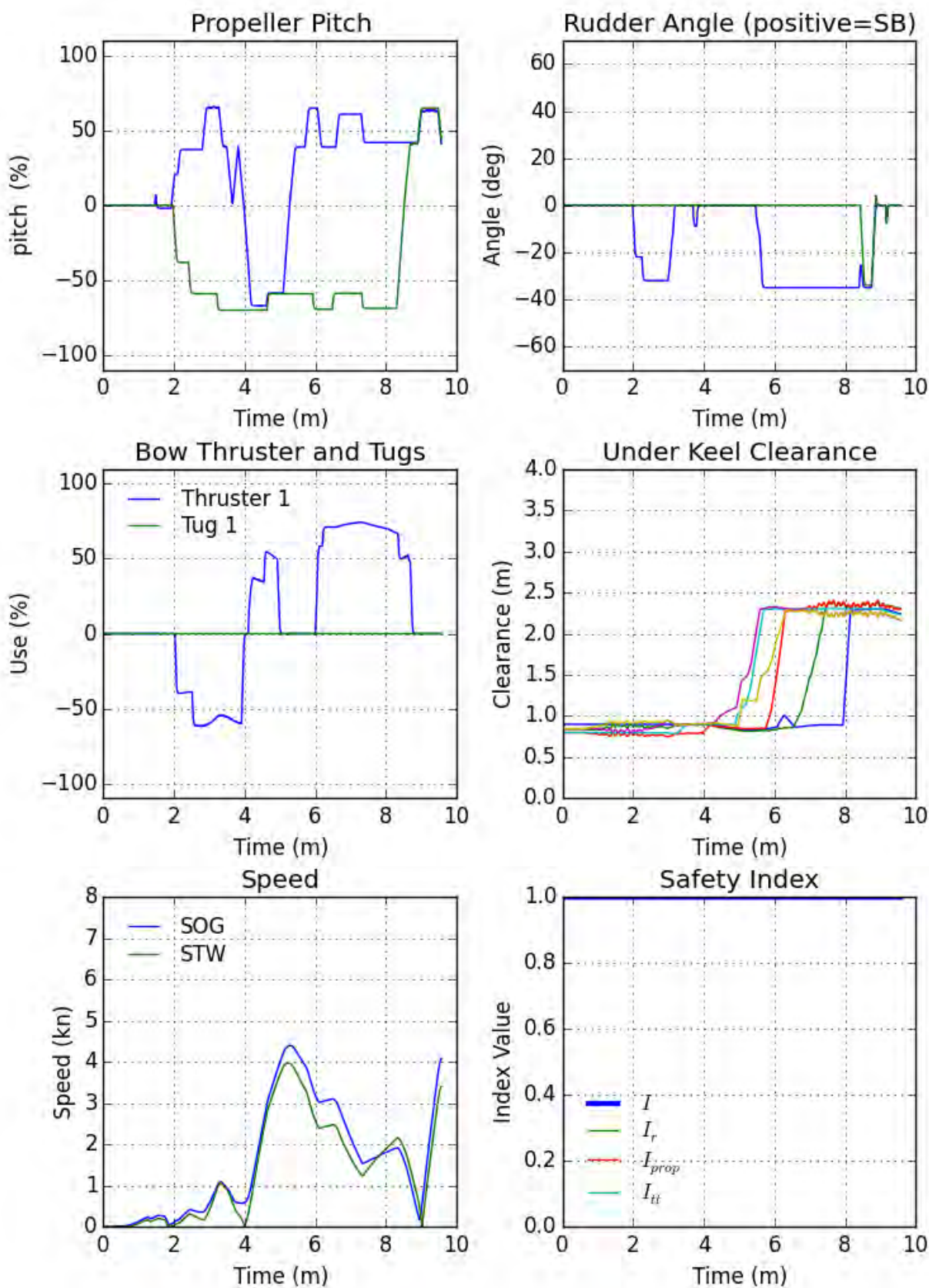




Simulation 14

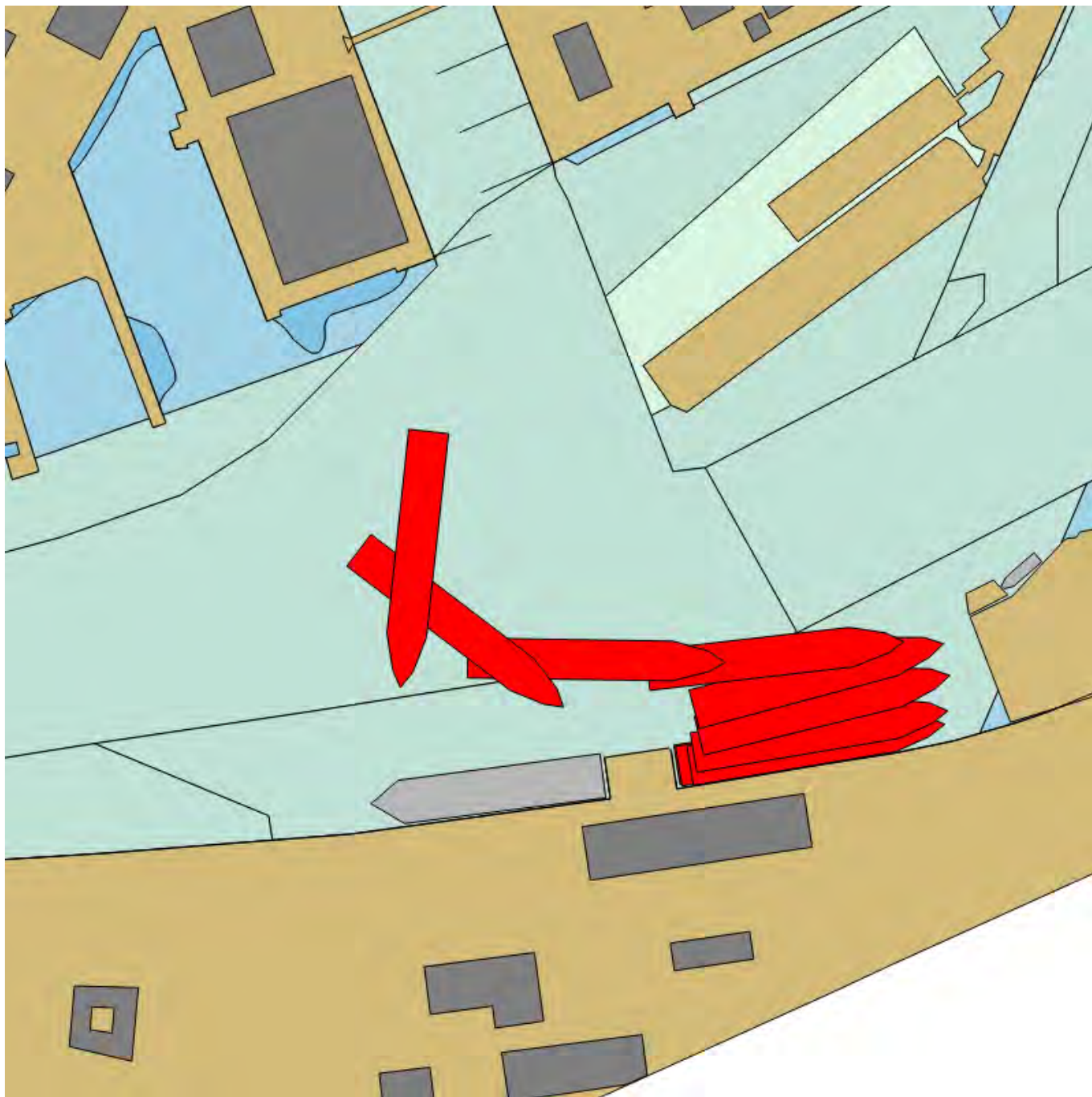
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	15.0 m/s
Winddir	270.0 deg

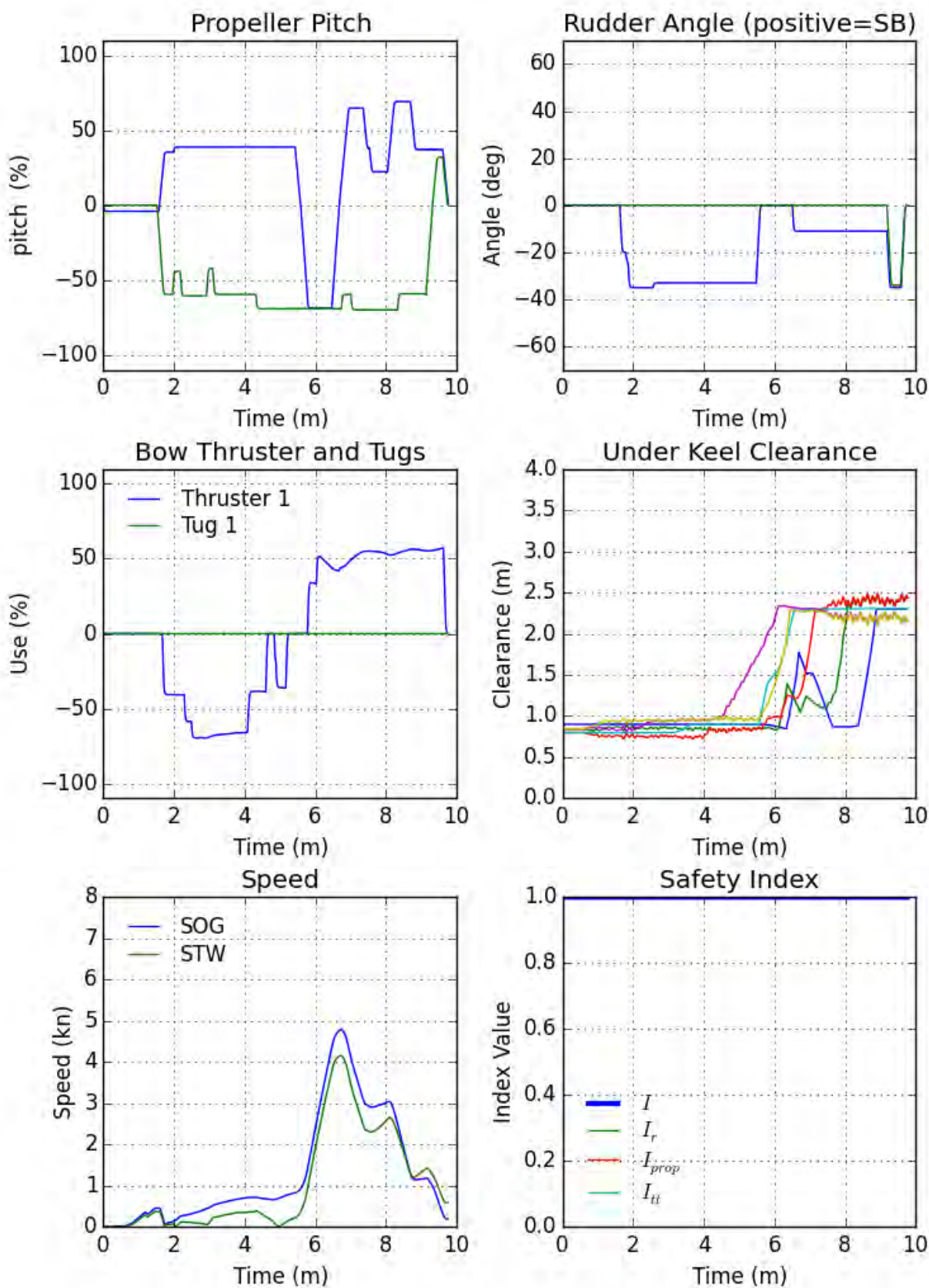




Simulation 15

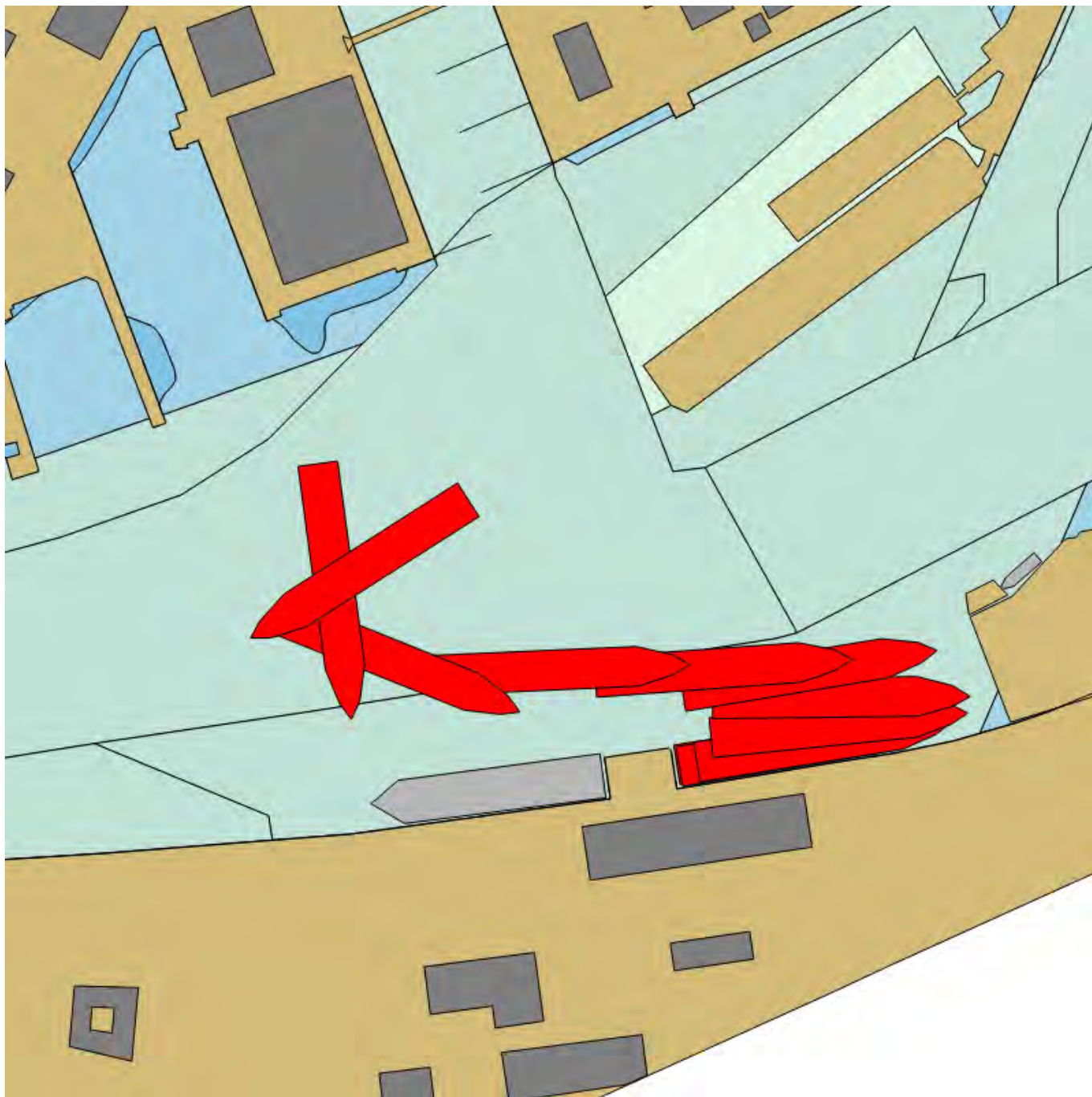
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	270.0 deg

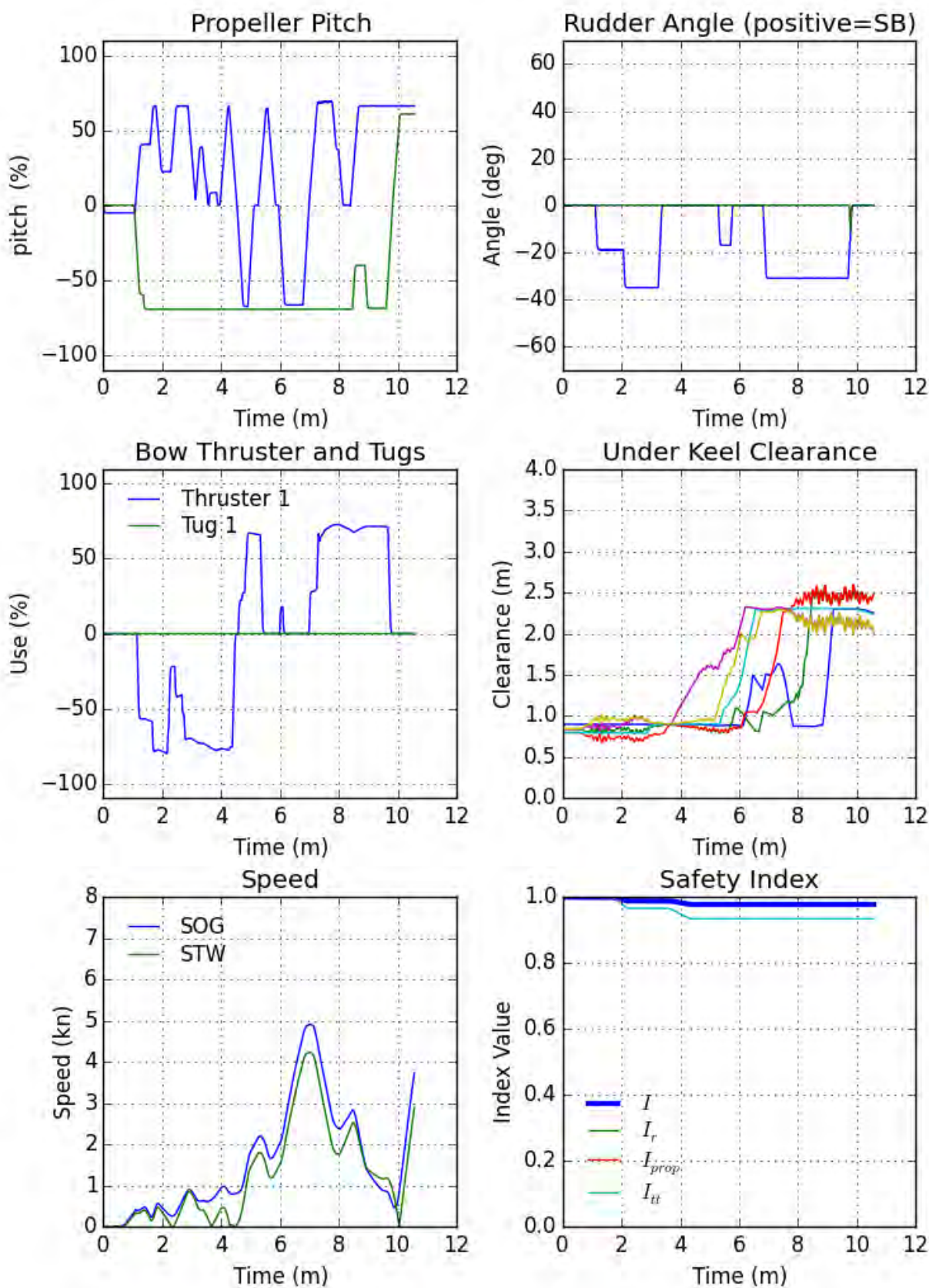




Simulation 16

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	25.0 m/s
Winddir	270.0 deg

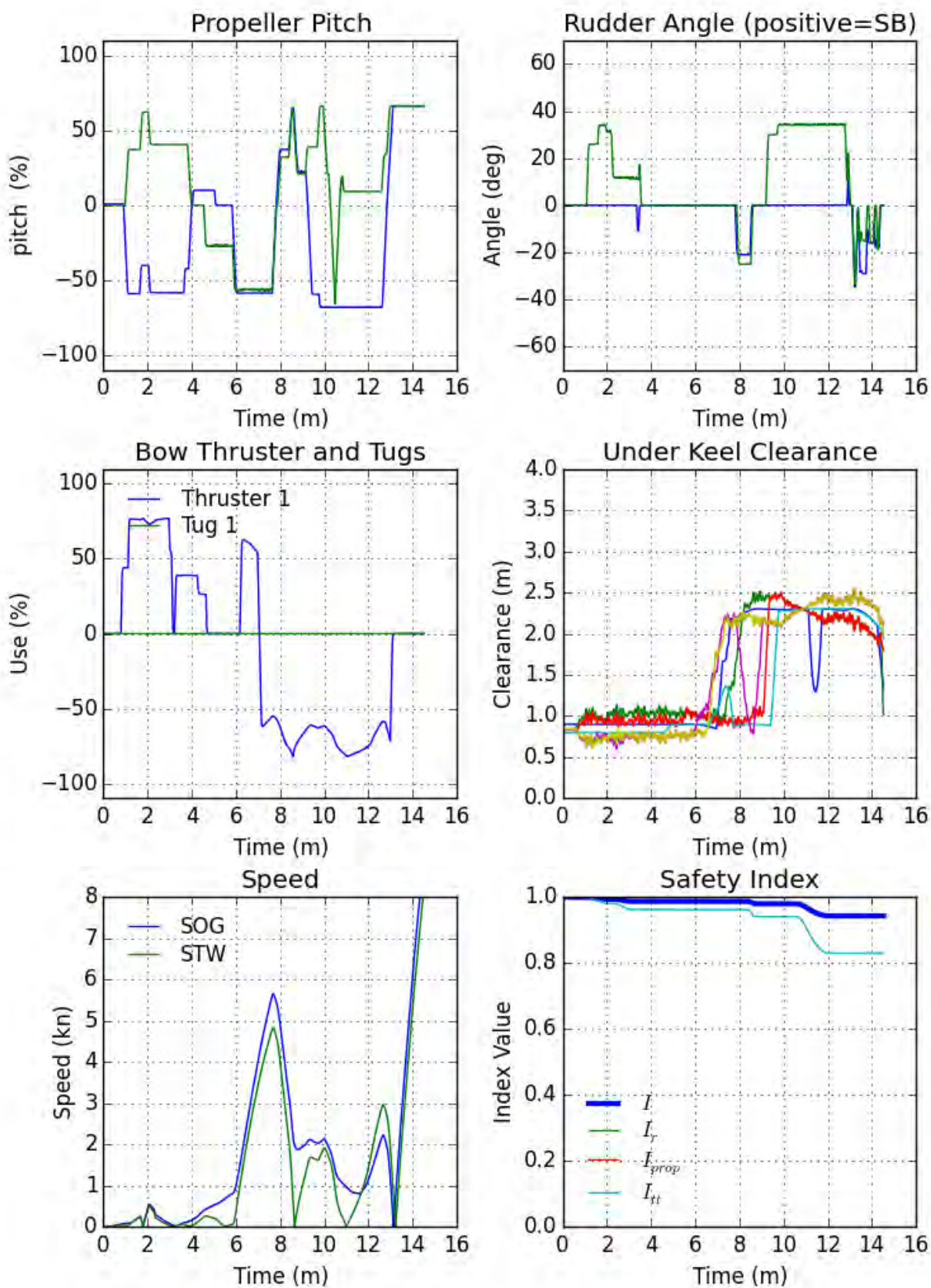




Simulation 17

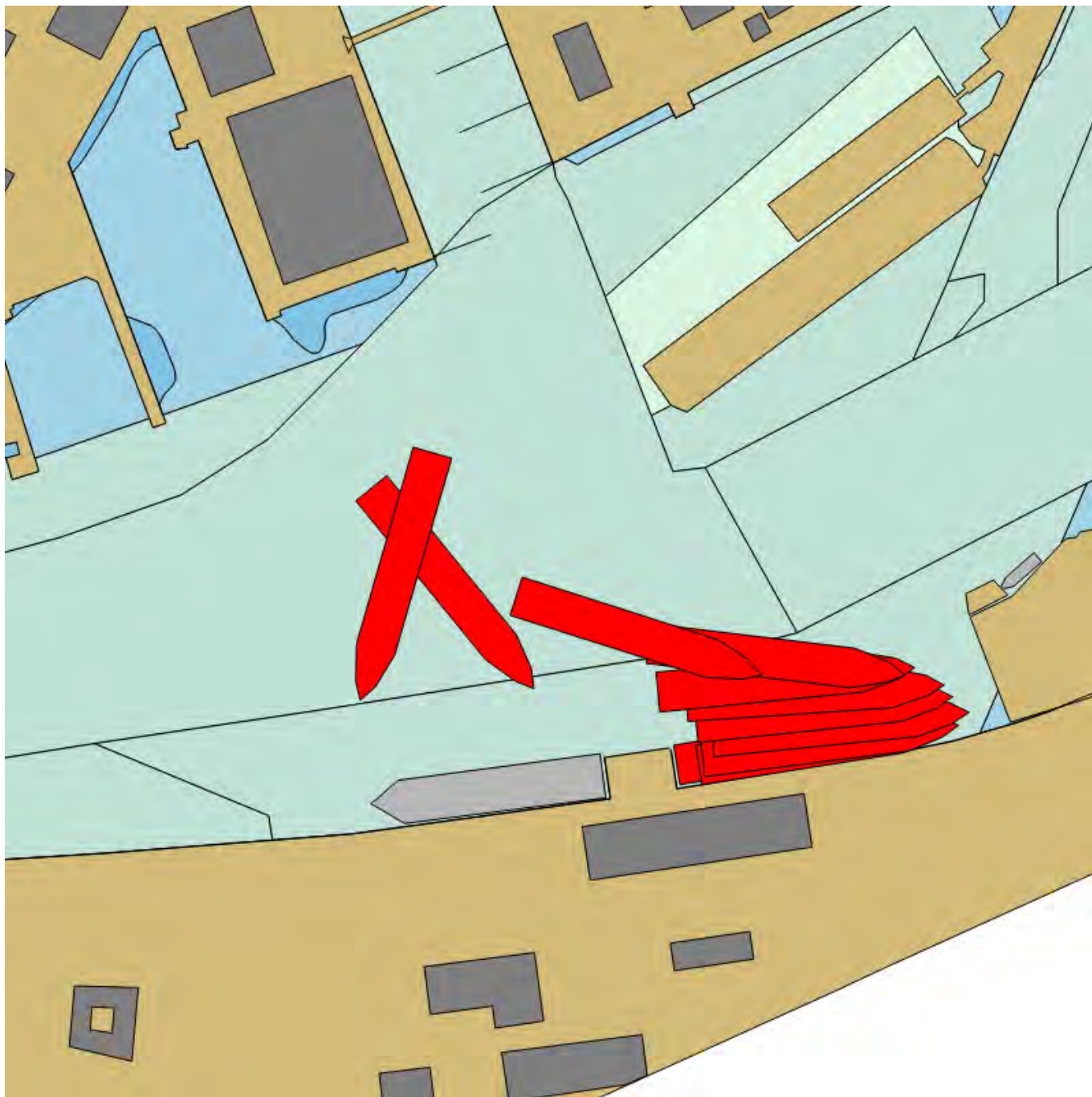
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	180.0 deg

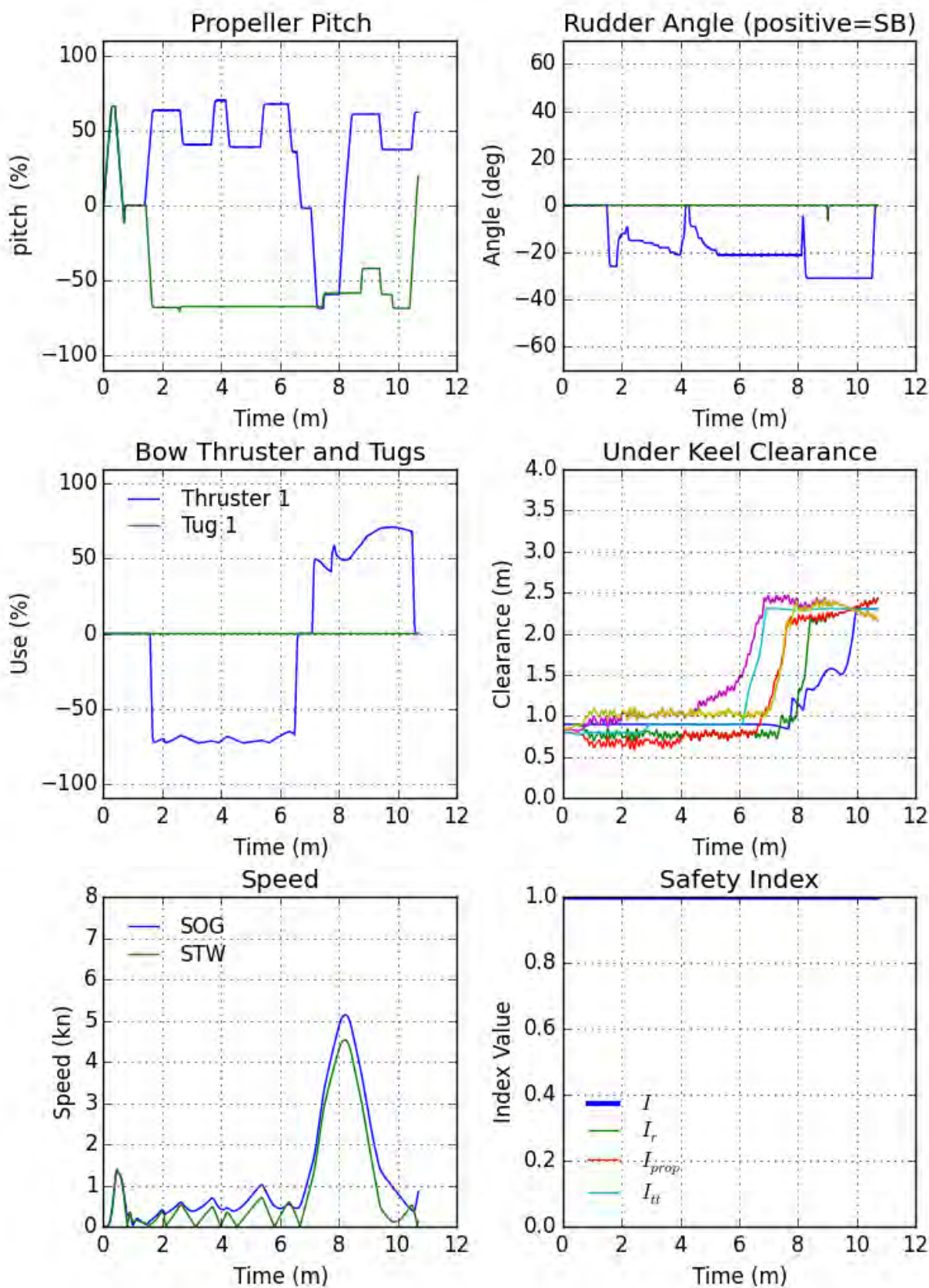




Simulation 18

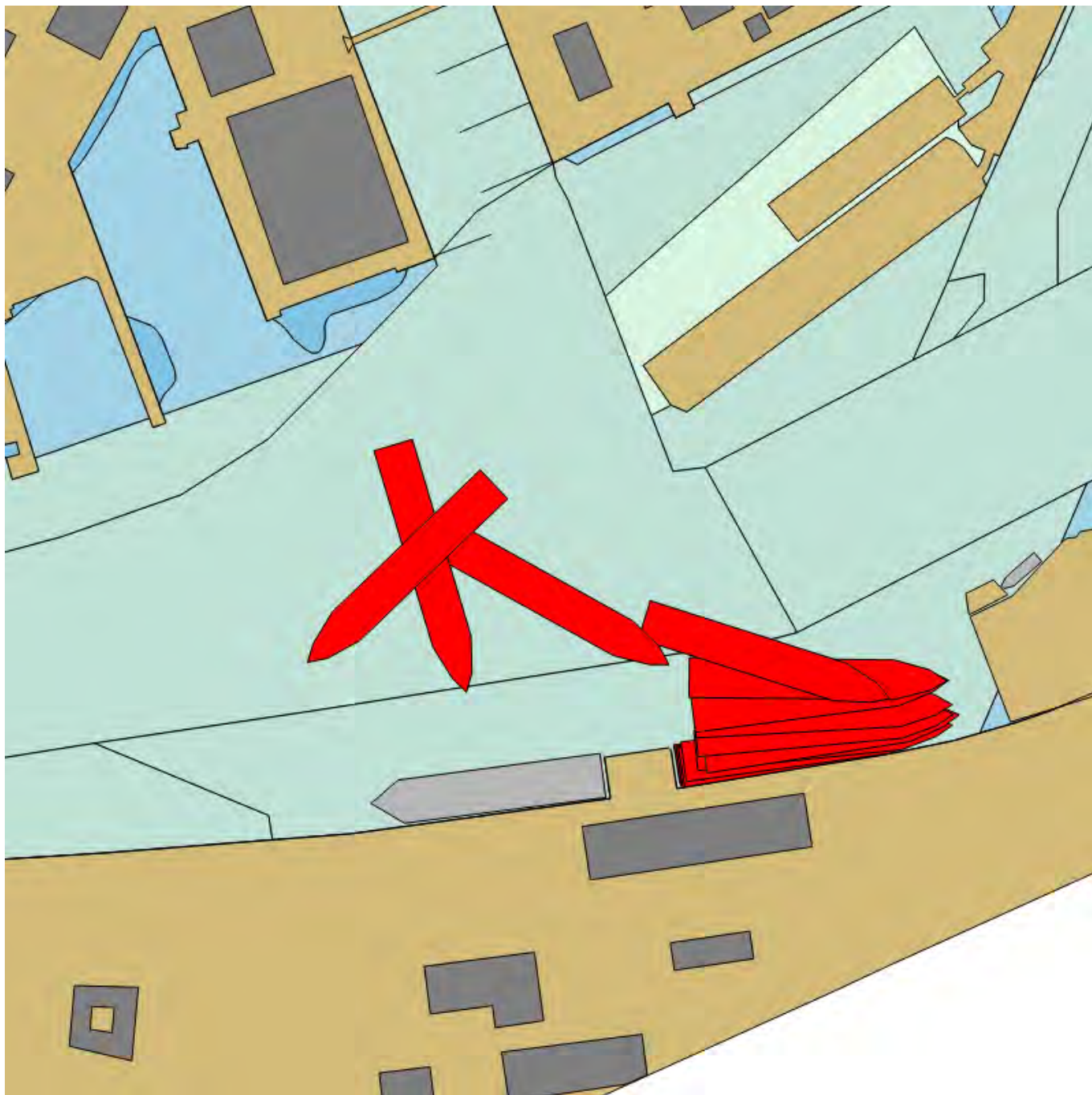
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	18.0 m/s
Winddir	0.0 deg

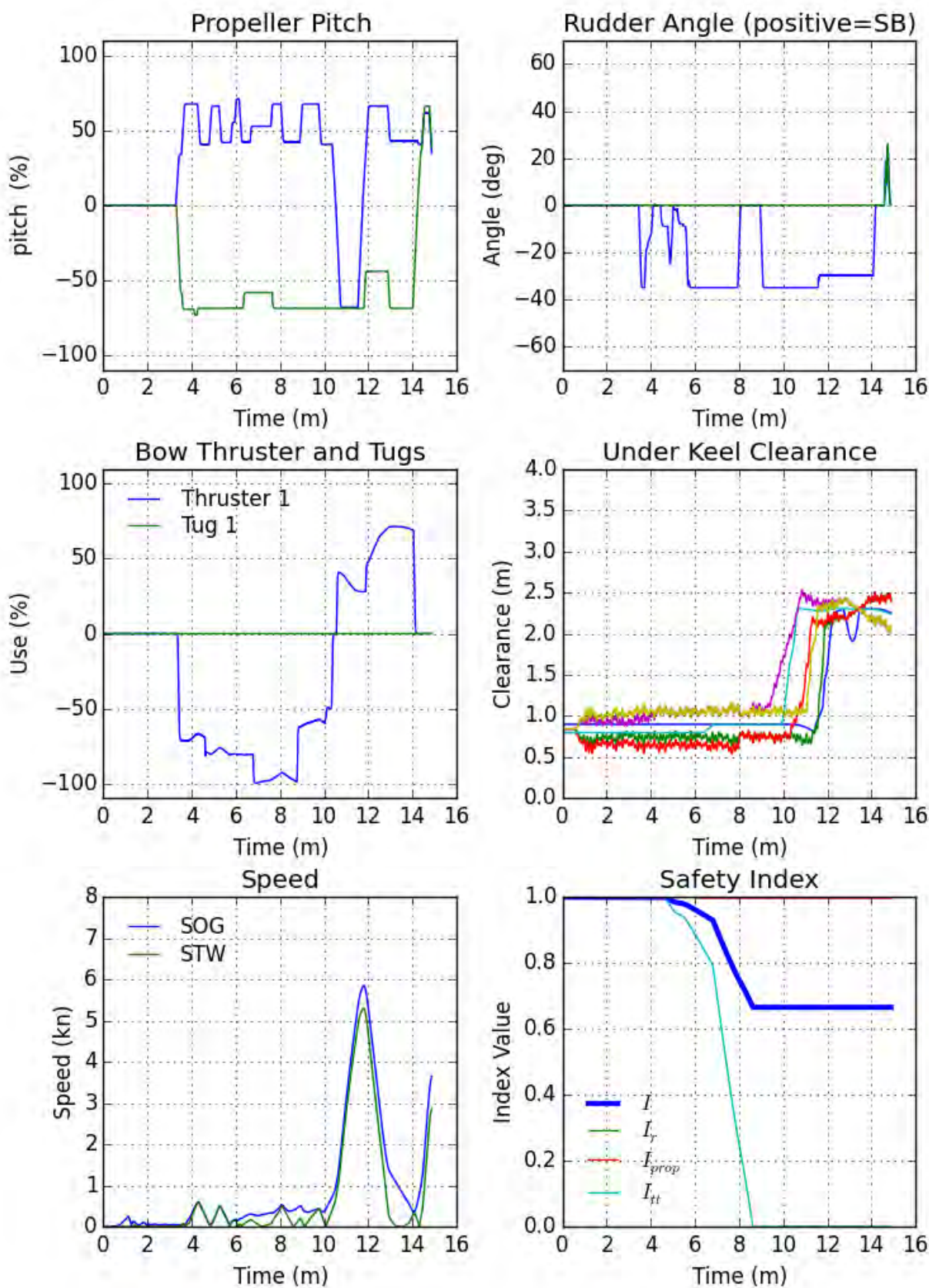




Simulation 19

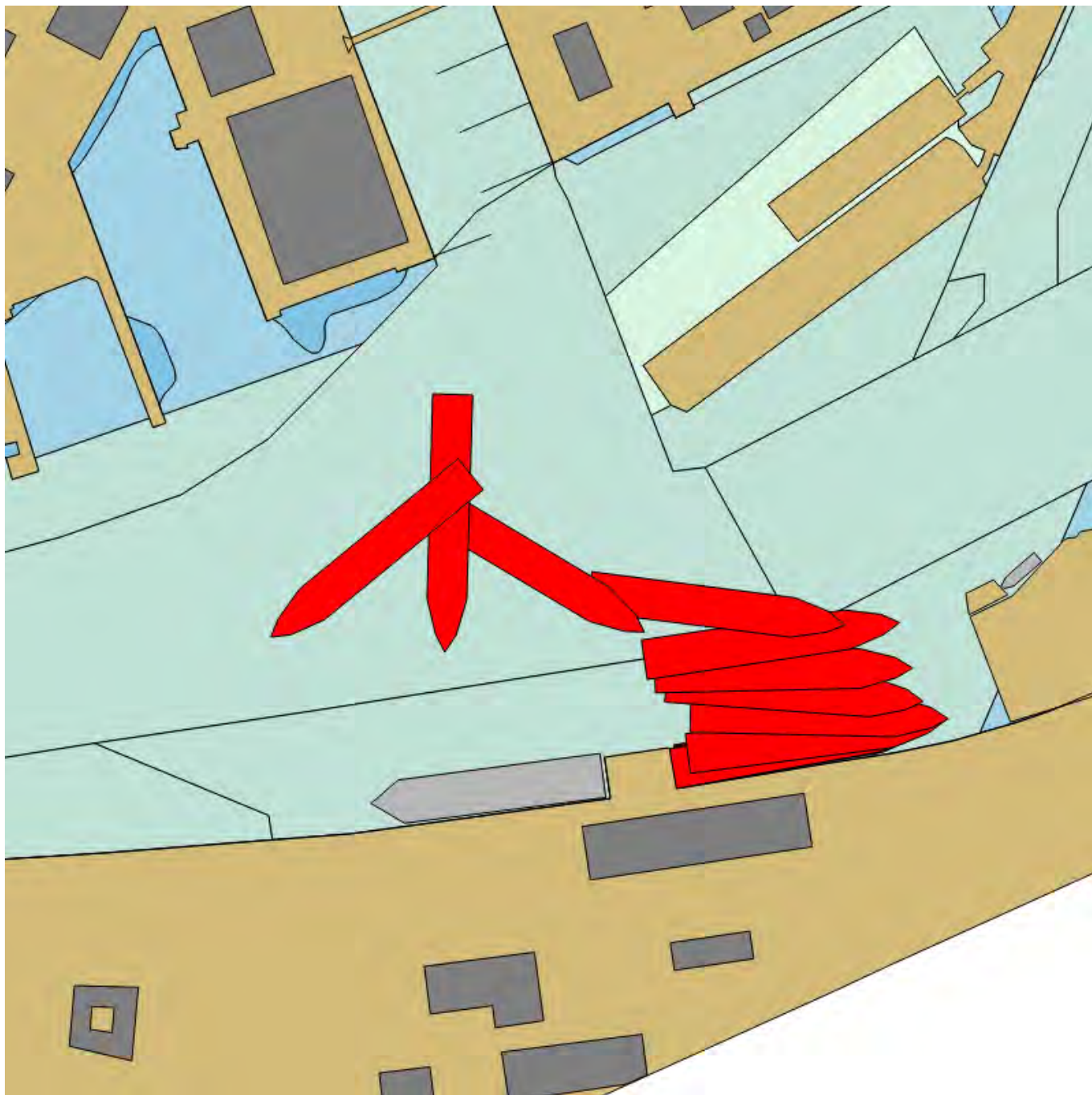
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	0.0 deg

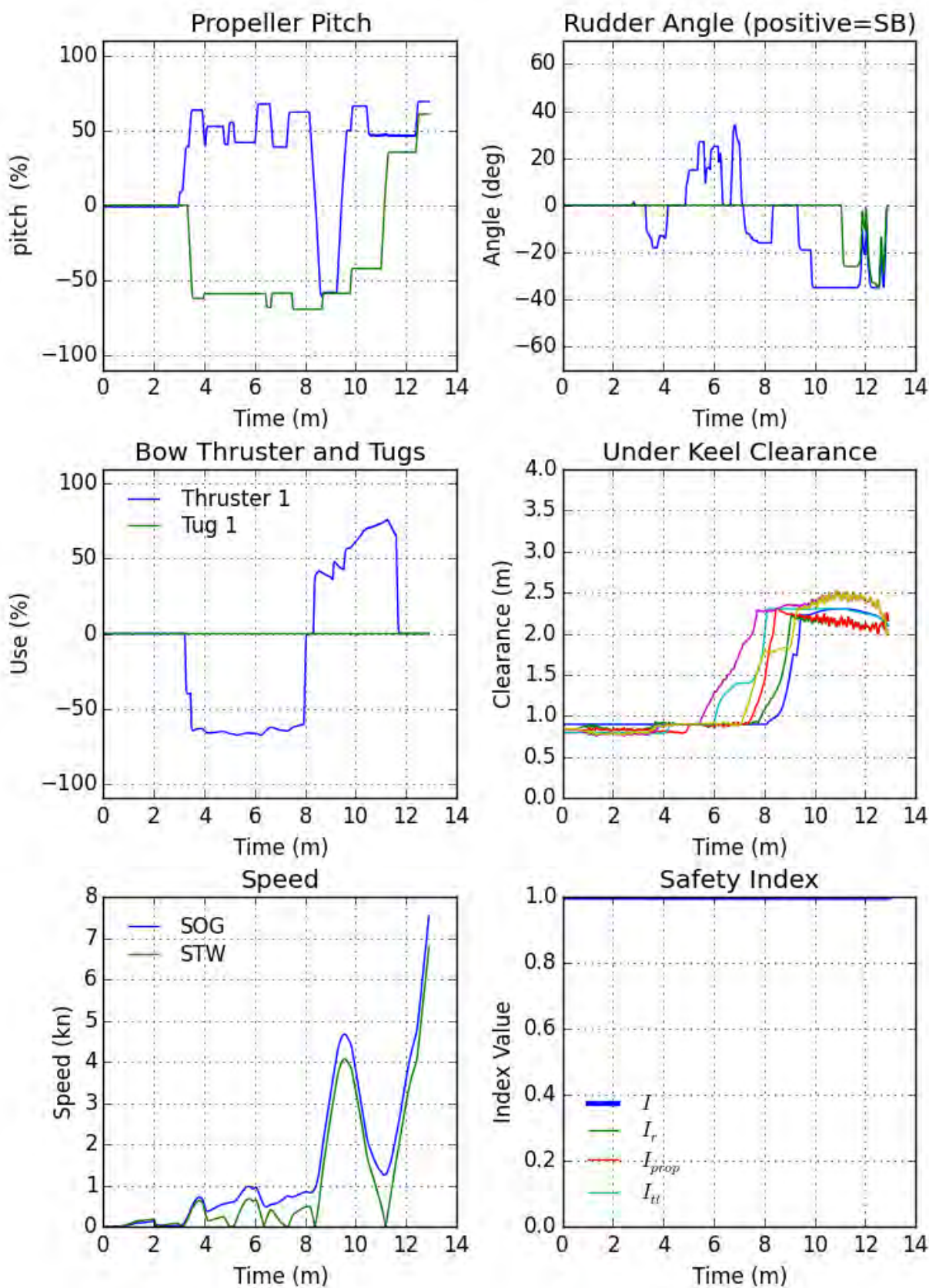




Simulation 20

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	90.0 deg

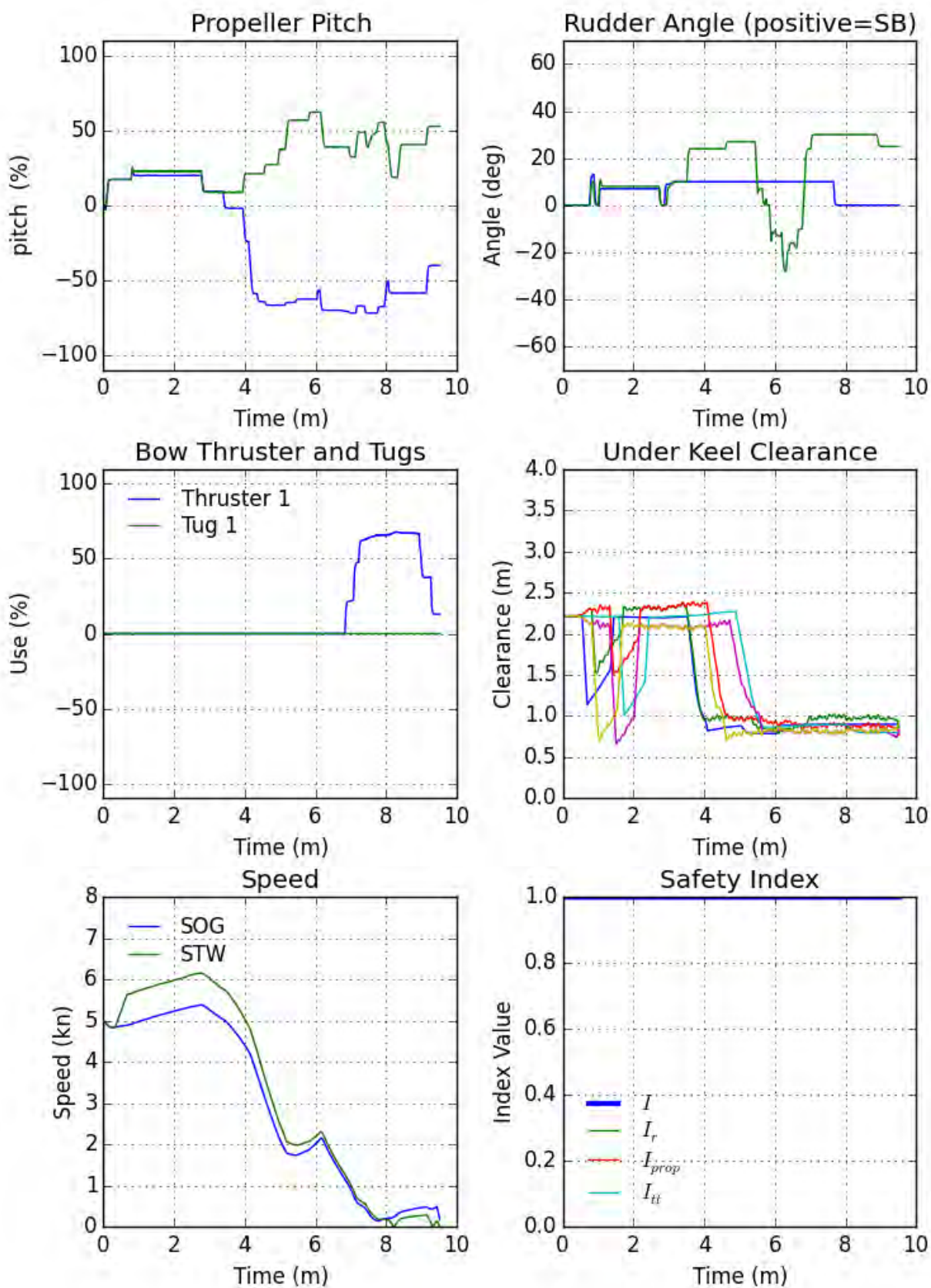




Simulation 21

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	15.0 m/s
Winddir	225.0 deg

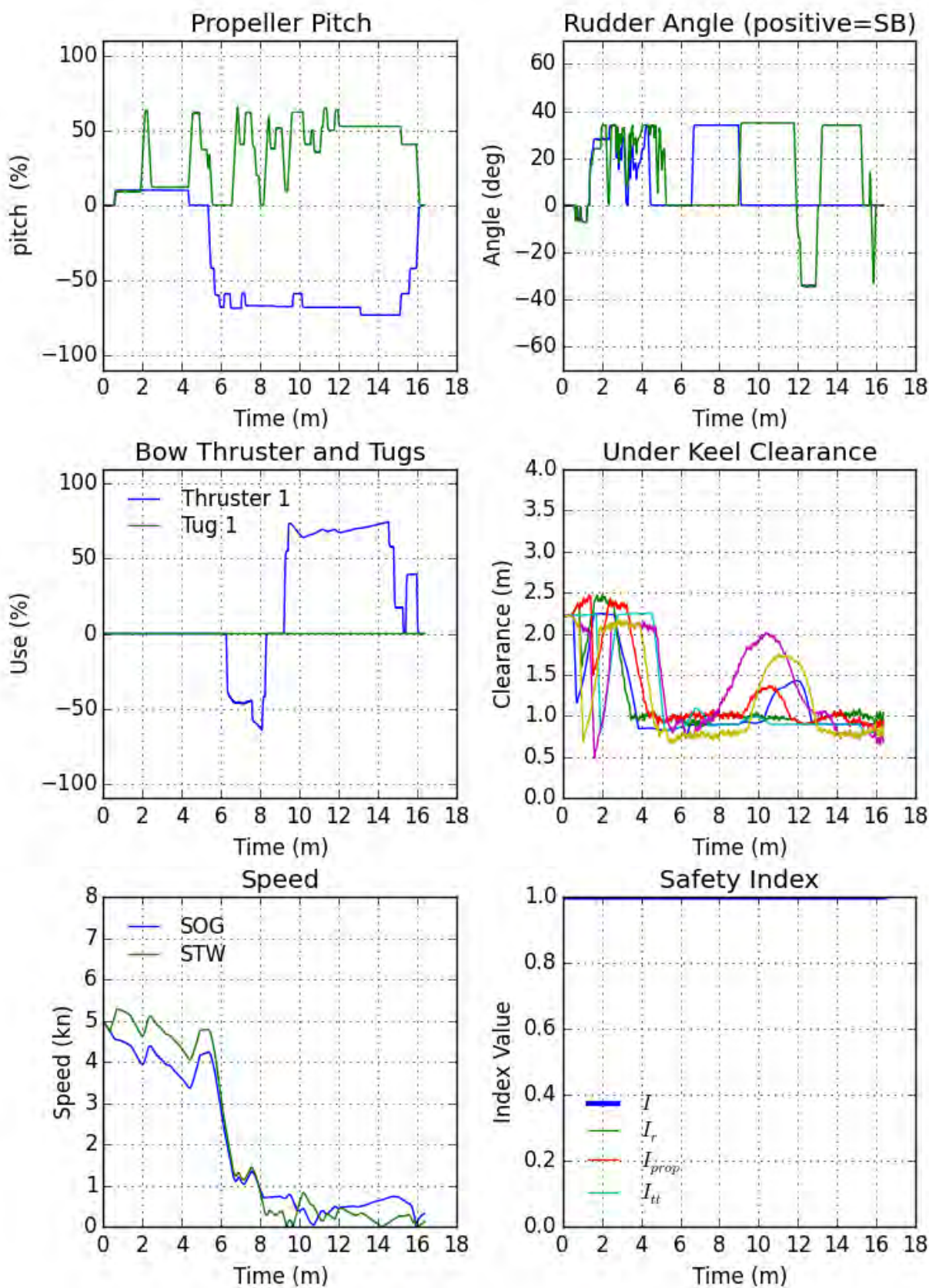




Simulation 22

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	18.0 m/s
Winddir	225.0 deg

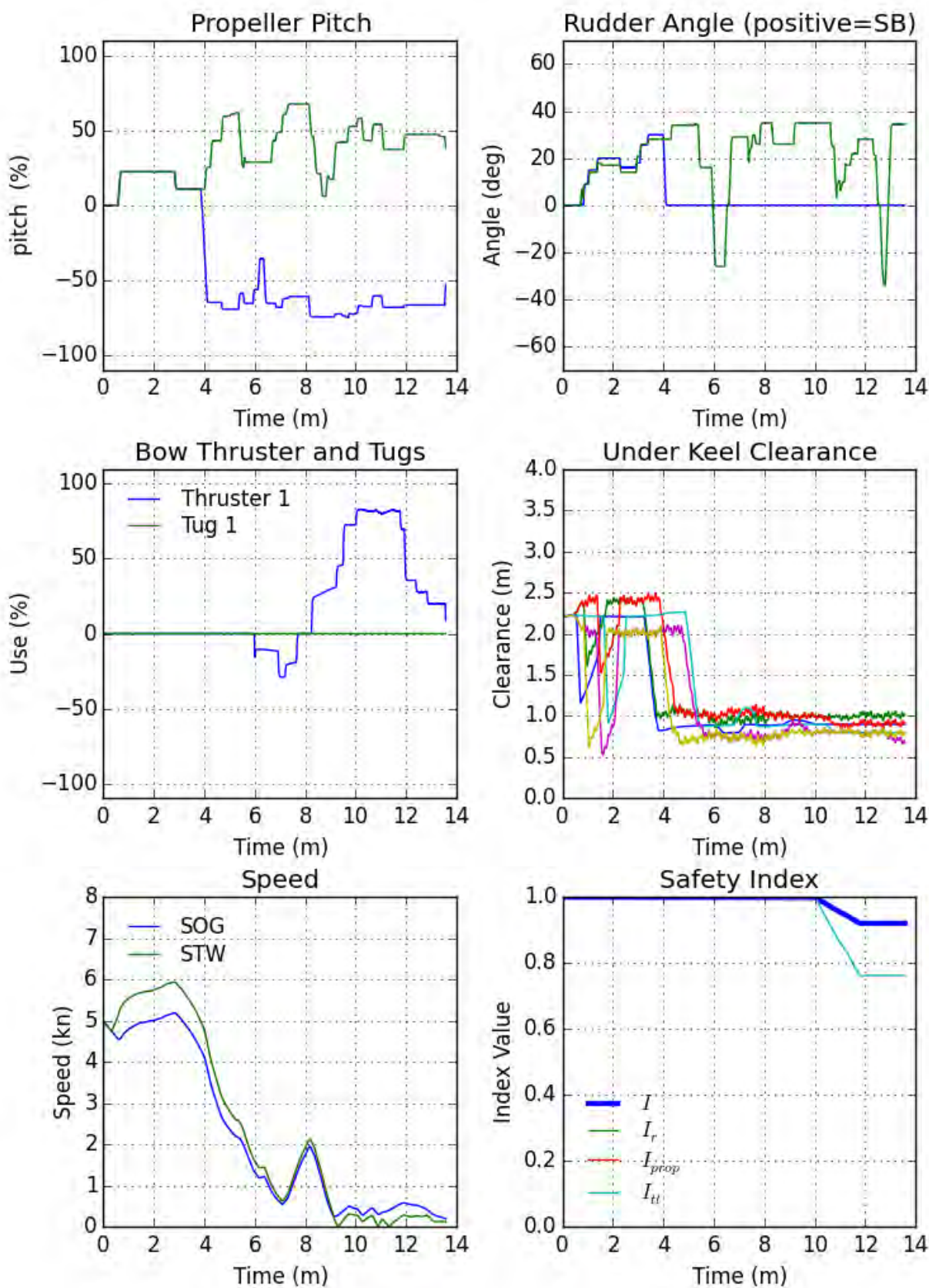




Simulation 23

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	225.0 deg

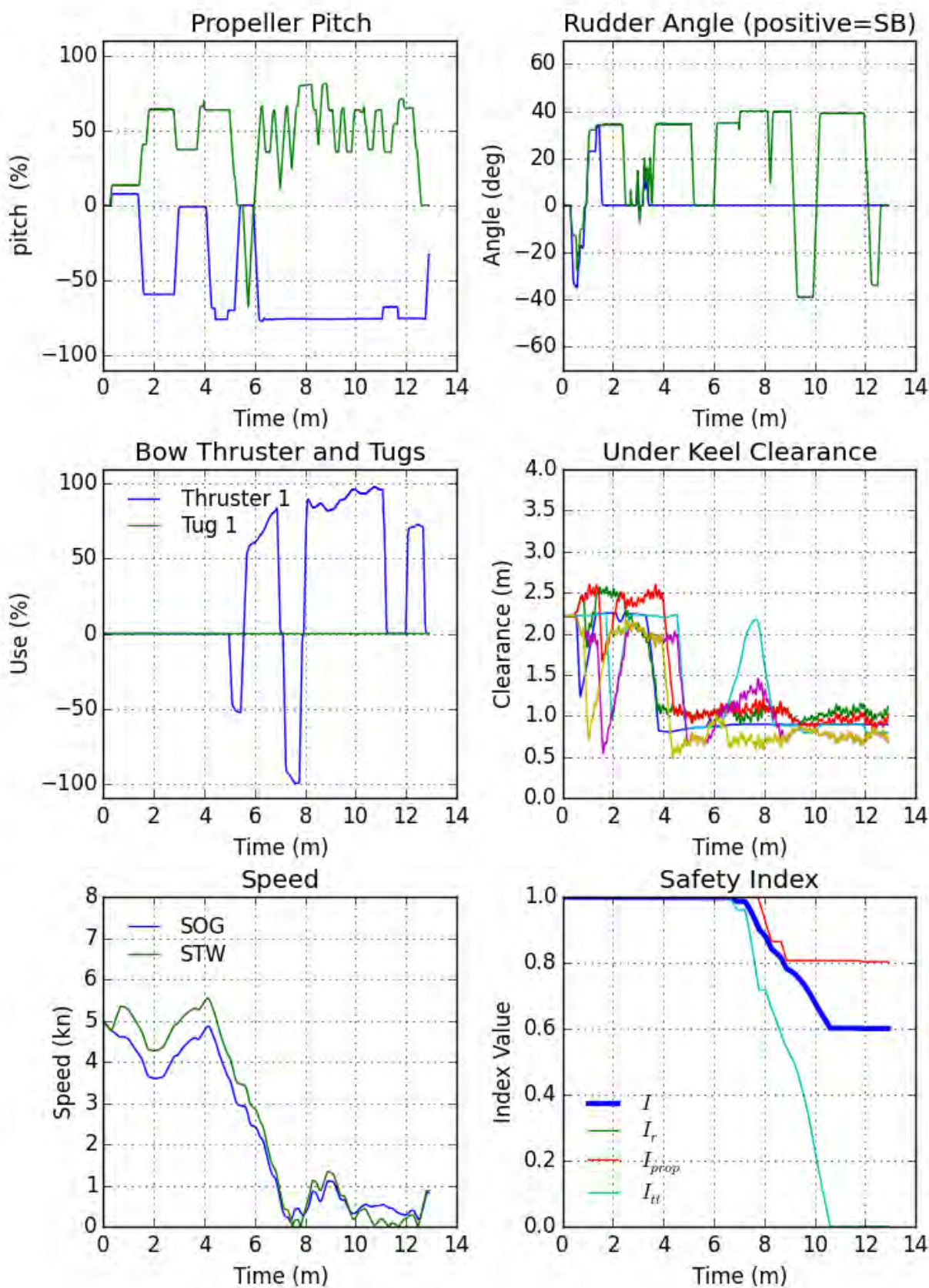




Simulation 24

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	22.0 m/s
Winddir	225.0 deg

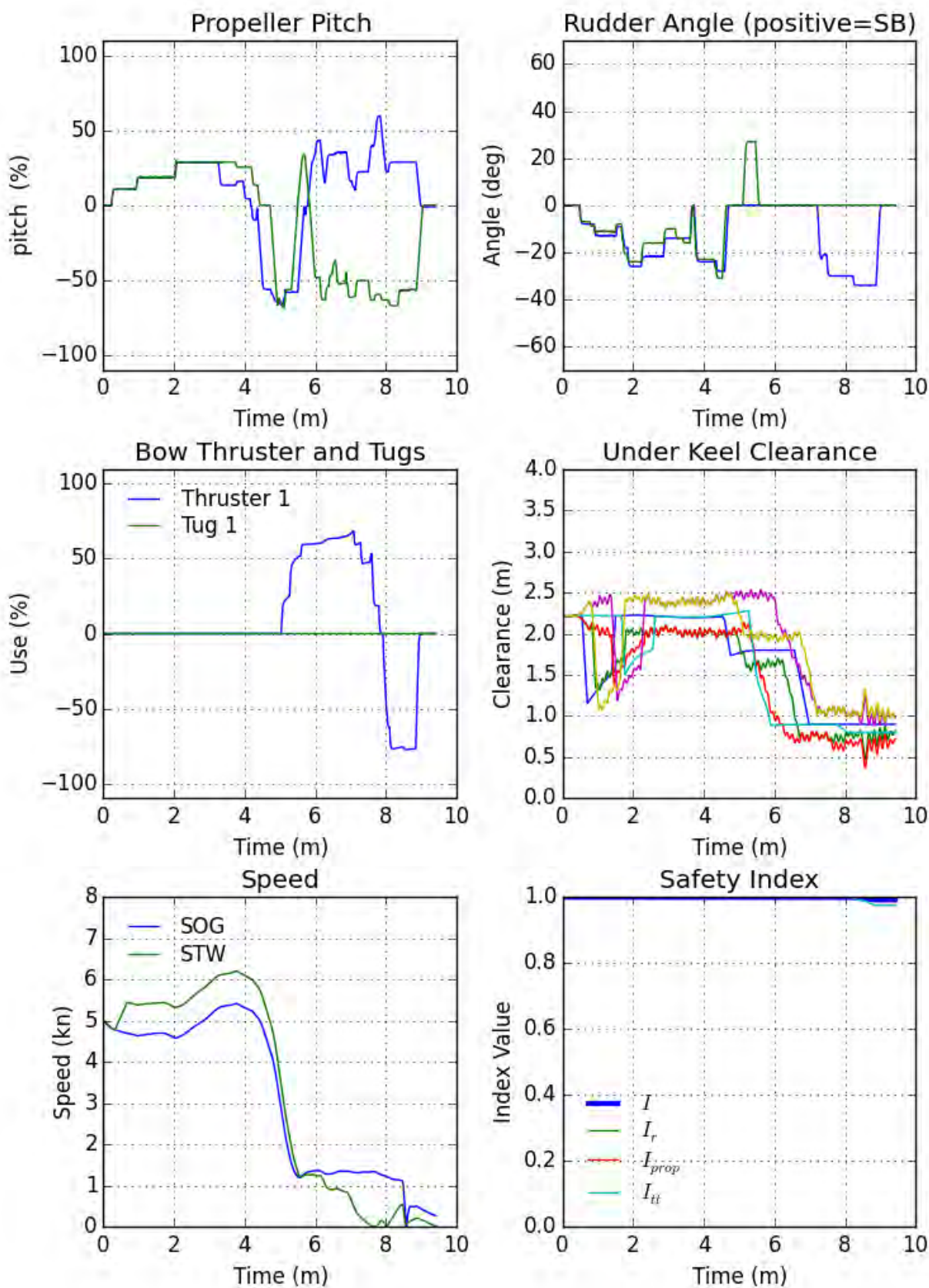




Simulation 25

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	315.0 deg

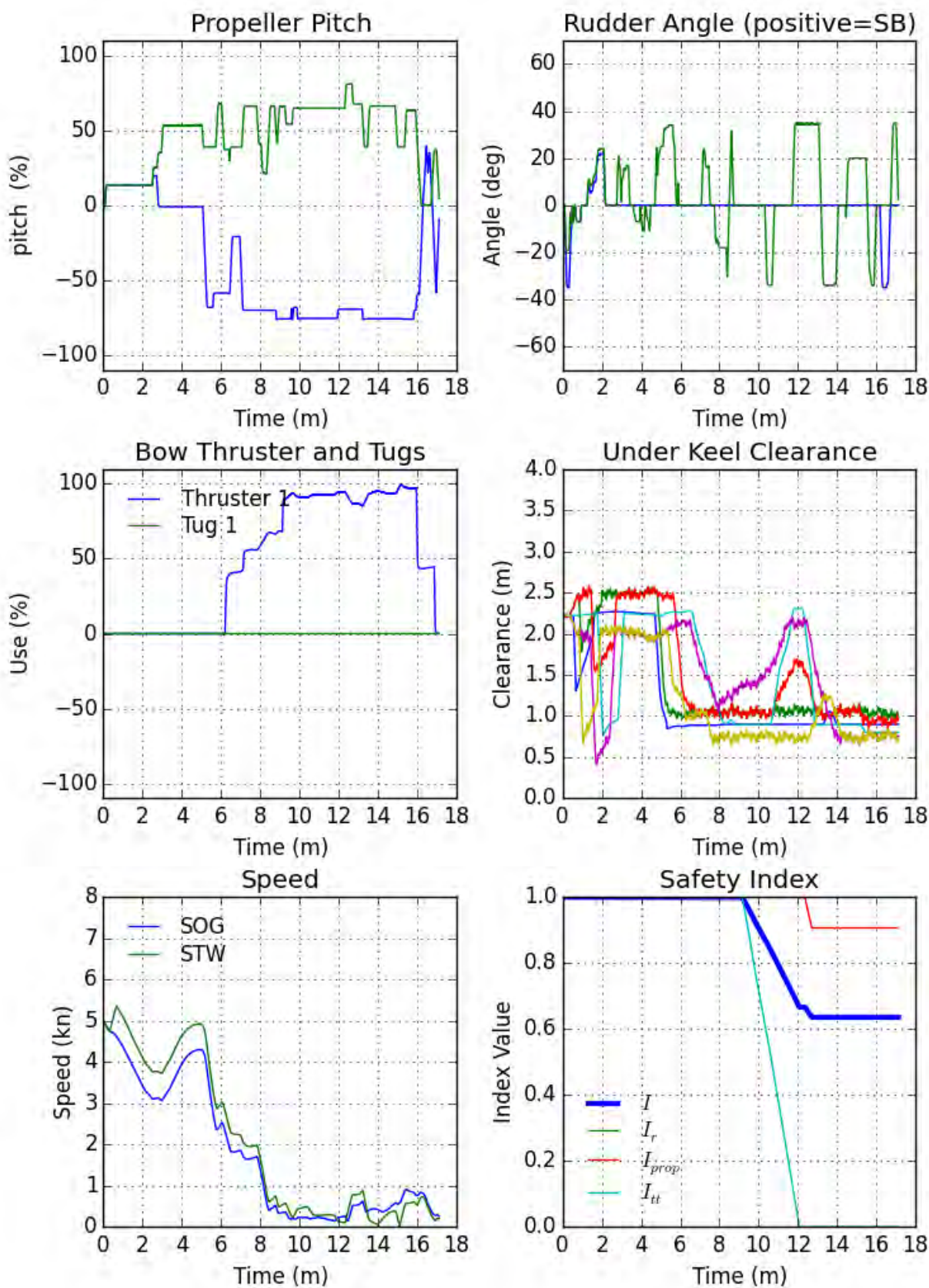




Simulation 26

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	20.0 m/s
Winddir	135.0 deg

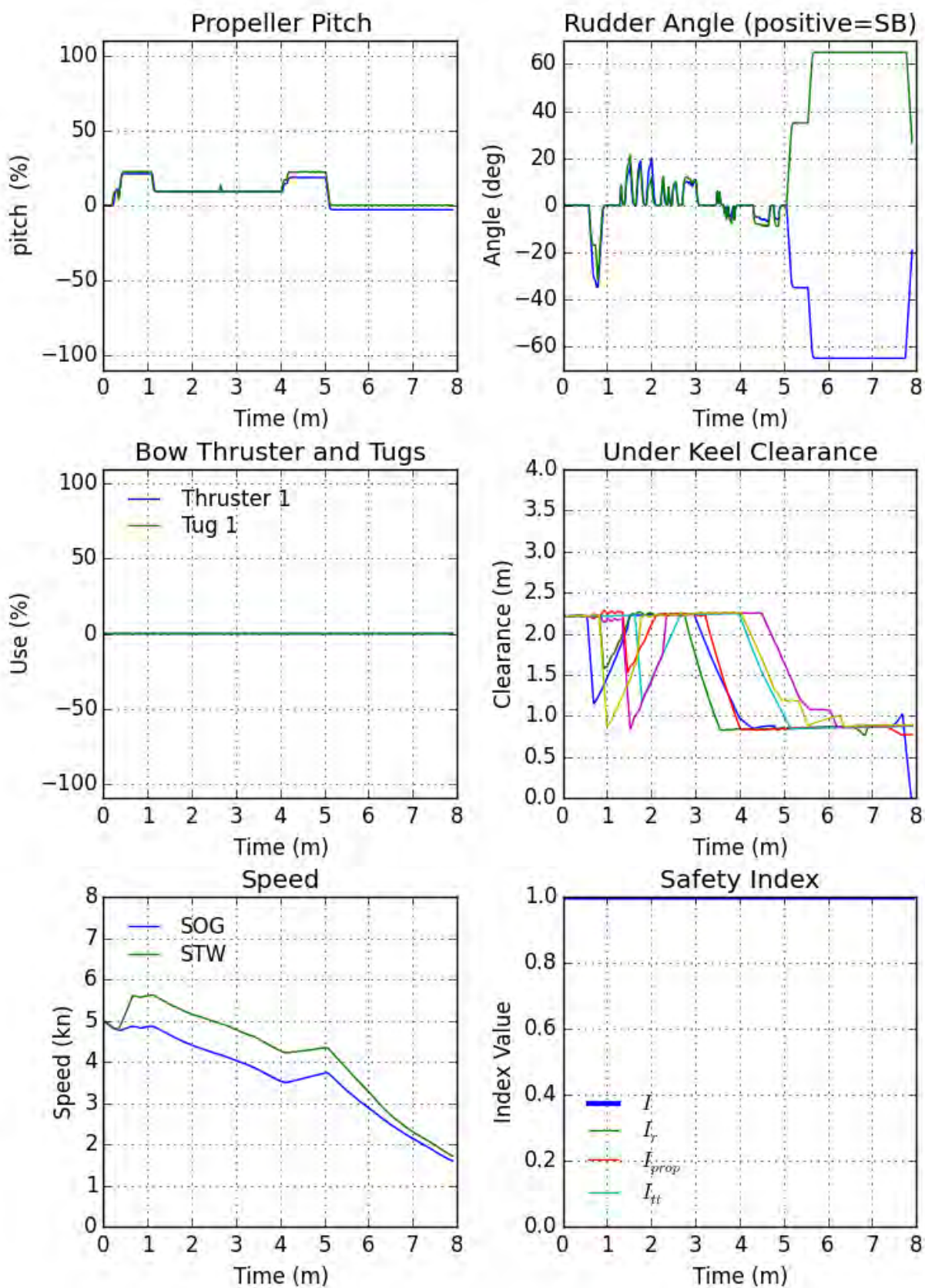




Simulation 27

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	6.0 m/s
Winddir	270.0 deg

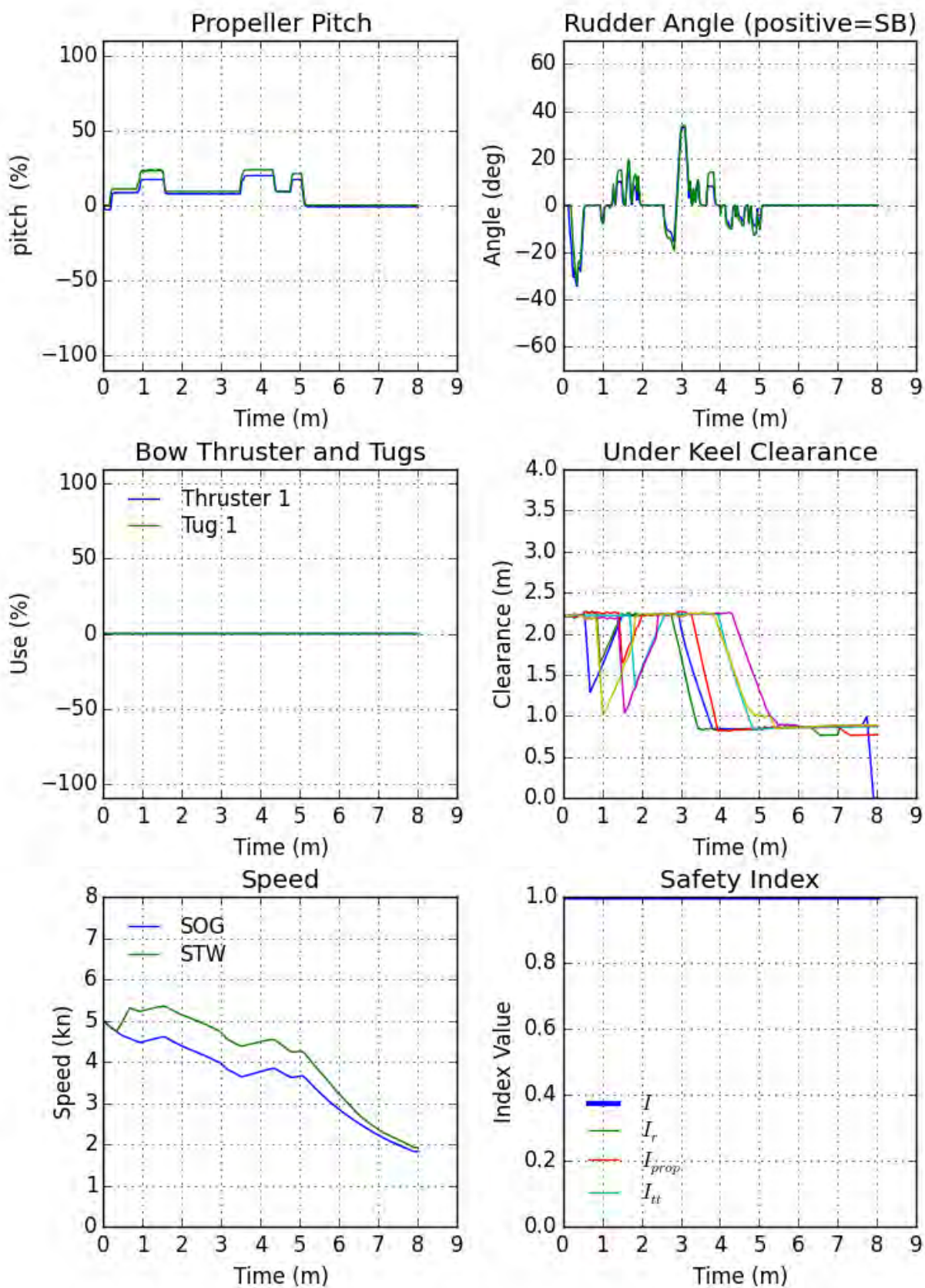




Simulation 28

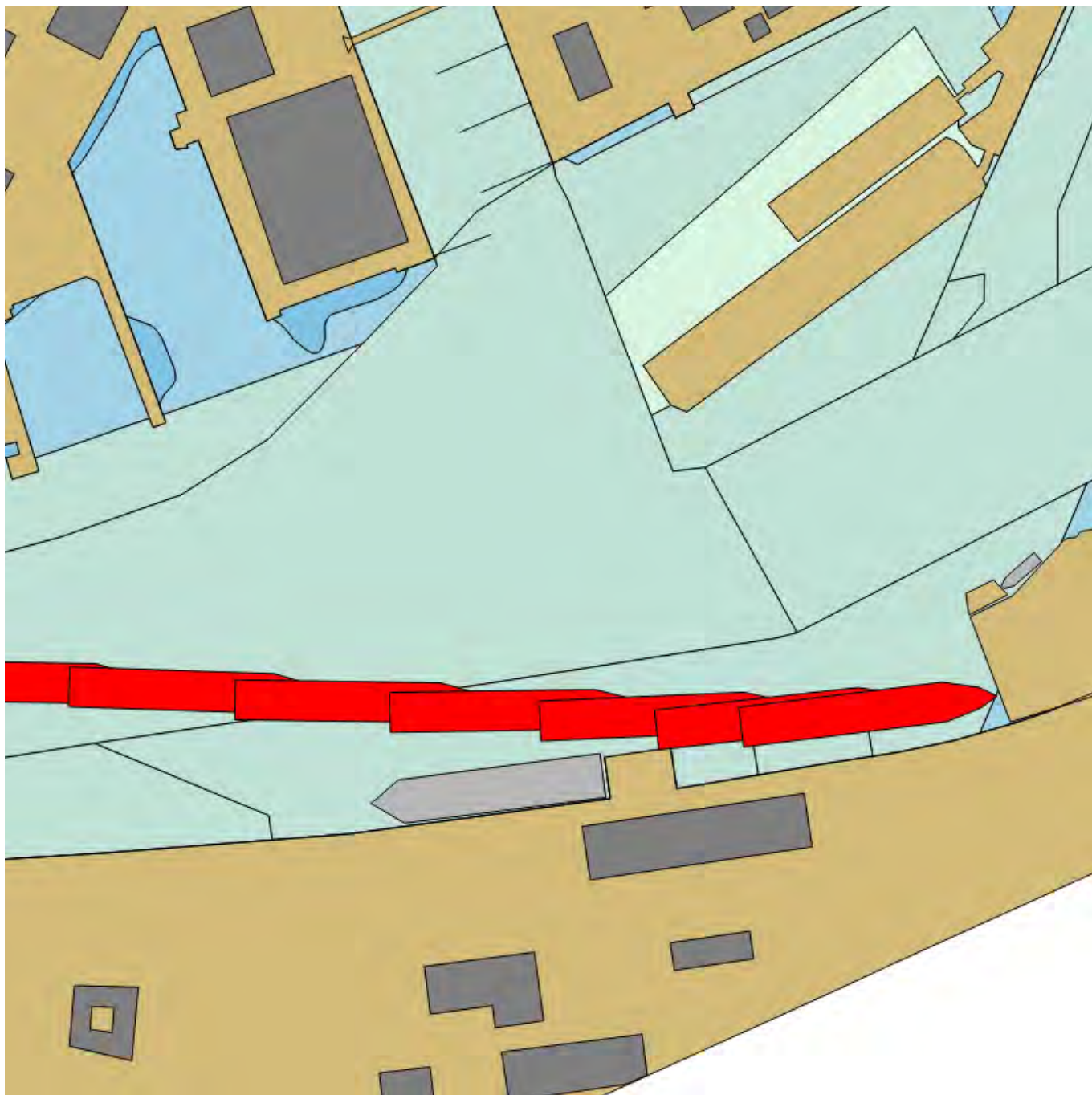
Ship	StenaJutlandica
Windspeed	6.0 m/s
Winddir	270.0 deg

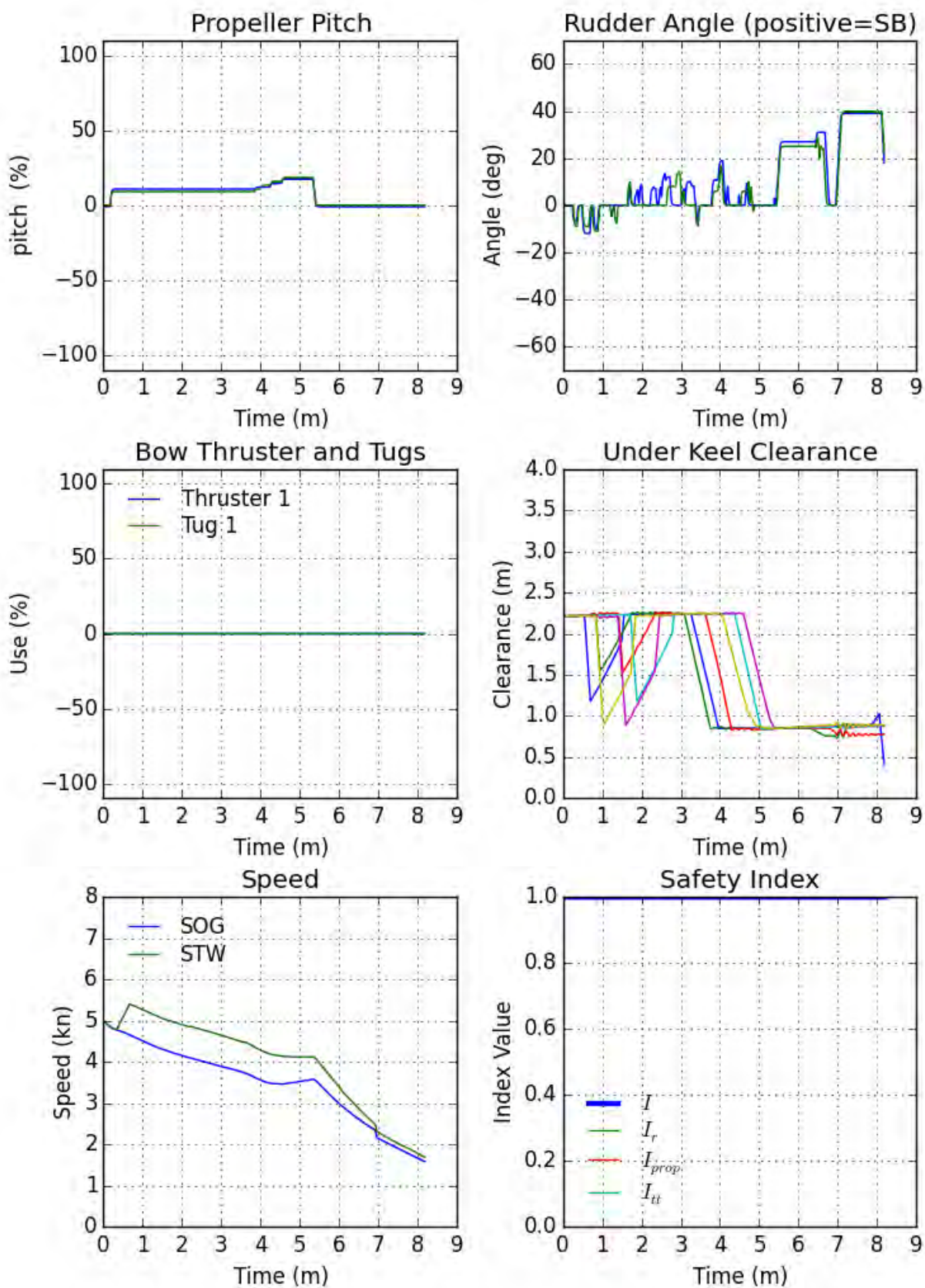




Simulation 29

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	6.0 m/s
Winddir	270.0 deg

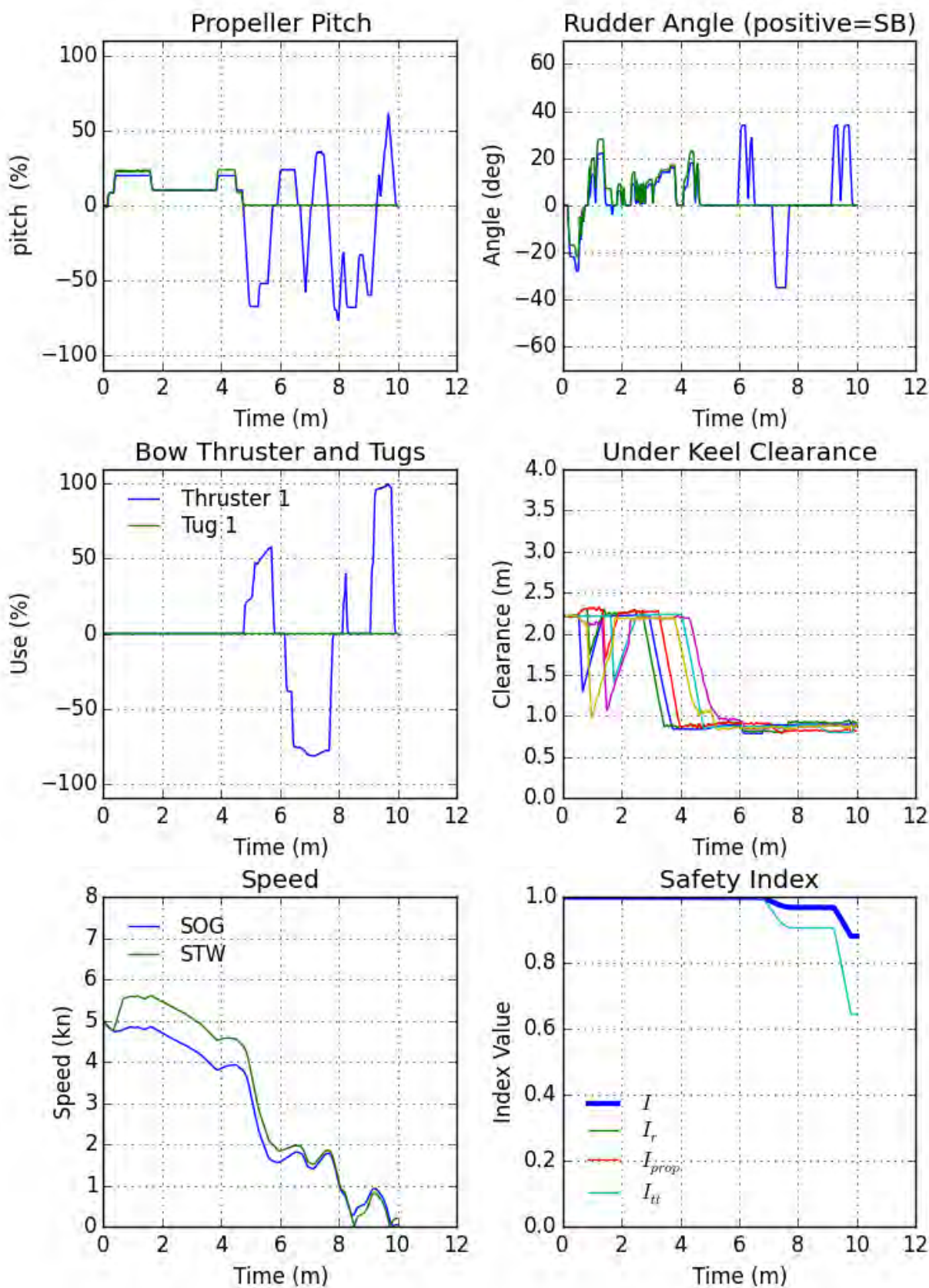




Simulation 30

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	10.0 m/s
Winddir	225.0 deg

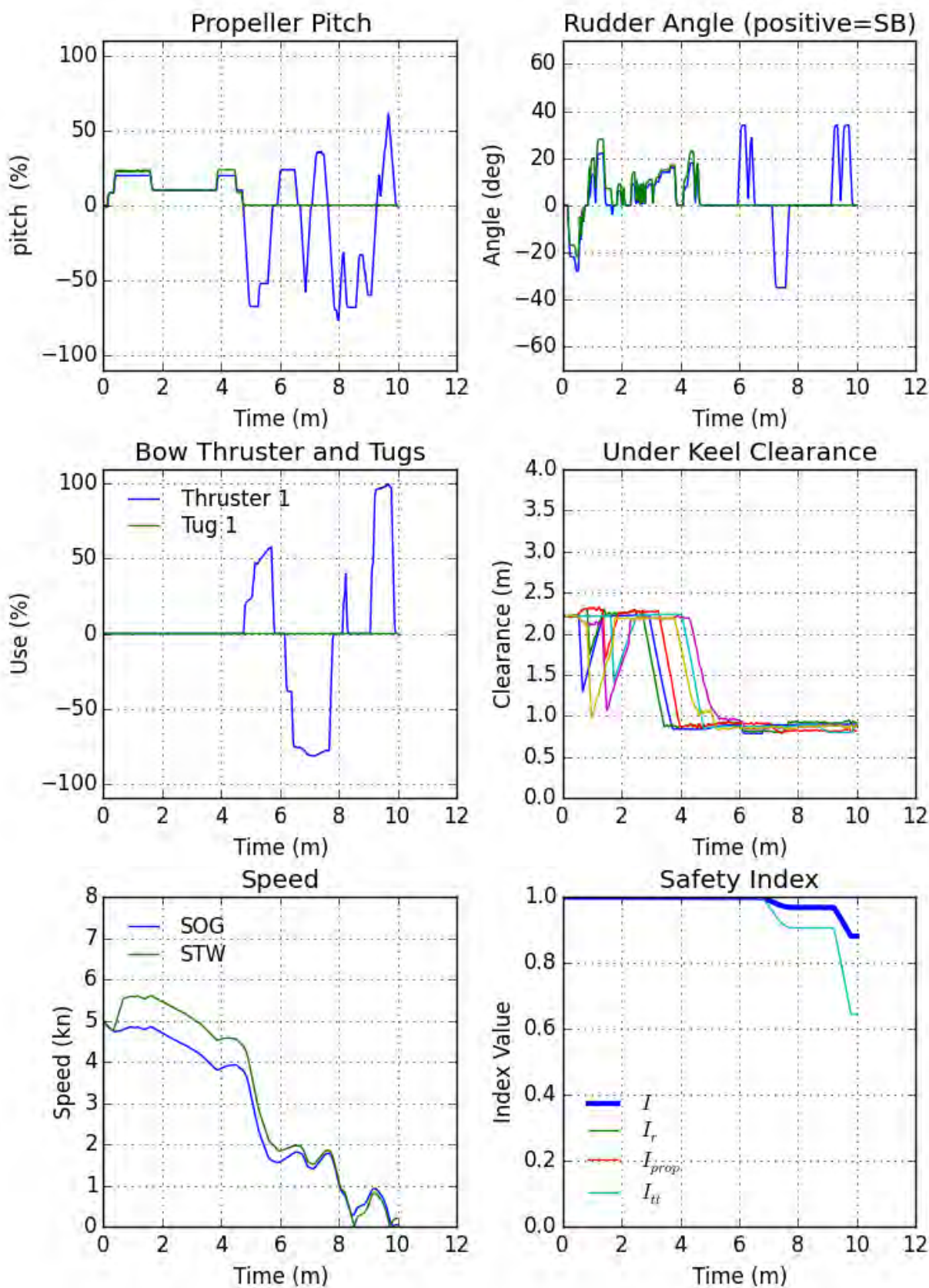




Simulation 31

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	10.0 m/s
Winddir	225.0 deg

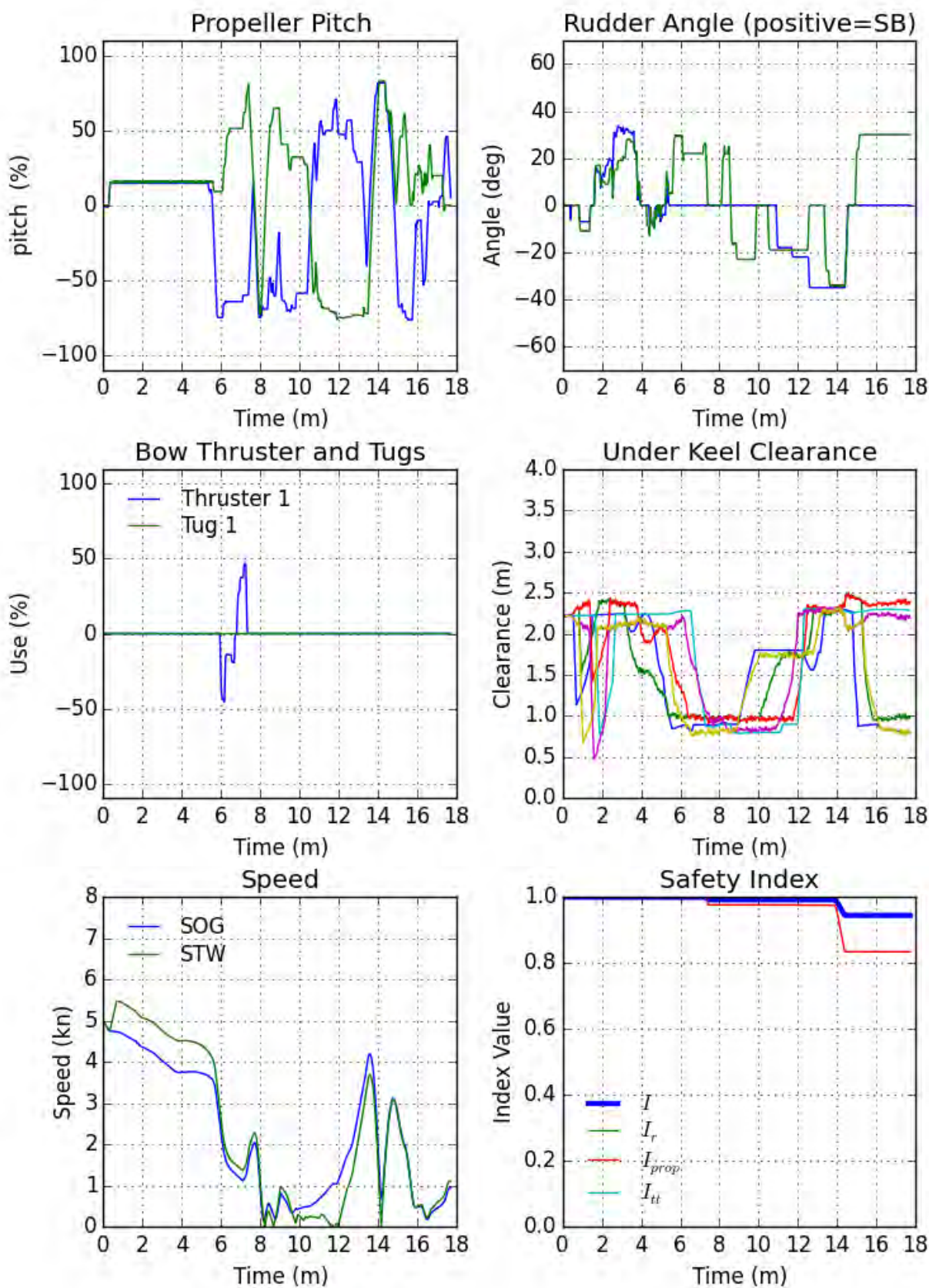




Simulation 32

Ship	StenaJutlandica
Windspeed	15.0 m/s
Winddir	180.0 deg







Maritim riskanalys - Järnvågen

Noteringar från startmöte ang simuleringar Järnvågen kajplats 24-25

Tid och plats: SSPA, den 20 oktober 2015, kl. 09:00 – 10:30

Agenda:

- Introduktion; Syfte och mål med simuleringen
- Tidplan och genomförande, rapportleverans
- Fartyg som simuleras (lastkondition och eventuella detaljer som skall beaktas)
- Modellering av det geografiska området (vilka inneslående fartyg skall finnas mm)
- Djup
- Yttre förhållanden mm
- Vind, Ström, Isförhållanden
- Felscenarion att simulera
- Godkännandekriterier och utvärdering
- Förslag på upplägg simuleringar

Deltagare:

Svante Roupé	Sweco
Åsa Vernersson,	Älvstranden Utveckling AB
Malin Wikström	Gärde Wesslau Advokatbyrå
Thorbjörn Henriksson	Maflobe (representerar Göteborgs Hamn AB)
Magnus Dahlström	Stena Line
Jörgen Gustavsson	Stena Line
Kim Lindholm	Stena Line
Björn Forsman	SSPA Sweden AB
Erland Wilske	SSPA Sweden AB

Noteringar:

- 1) Åsa Vernersson tar upp frågan huruvida det är aktuellt och angeläget att använda kajplats 24-25 för Stena Jutlandica, eftersom hon inte fått entydiga besked om det är aktuellt efter samtal med representanter för Göteborgs Hamn och Stena Line. Kim Lindholm tar upp frågan internt och återkommer. Det konstaterades att diskussionen inte påverkar de planerade simuleringsstudierna då det ändå bedöms

viktigt att studera alternativet att kajplats 24 och 25 används.

- 2) Svante Roupé anger angående planerad kajkonstruktion att det kommer att anläggas vertikal spontkaj med påseglingsskyddande marginal till fasadliv. Påseglingsskyddande grundbankar bedöms inte längre aktuella.
- 3) Angående upplägg under simuleringsdagarna föreslår Erland Wilske att endast berörda (förslagsvis två stycken) skeppare deltar under förmiddagen 3/11 och att övriga berörda observatörer är välkomna från kl. 13:00 på eftermiddagen 3/11. Den 4/11 kl. 15.00 sker en uppsummering och slutdiskussion. Ett detaljerat tidsschema skickas ut i förväg till alla berörda. En rapport kan förväntas vara klar i mitten av november.
- 4) Även om flera olika felhändelser tidigare simulerats för Skeppsbron, föreslår Erland Wilske att några fall av t.ex. blackout eller roderfel körs även vid Järnvågen då detta är i linje med de riktlinjer som Transportstyrelsen föreskriver för simuleringar. Svante Roupé anför att det är viktigt att simuleringen av felscenarier anpassas till Järnvågen och att omfattningen bör stämmas av med Transportstyrelsen. Det beslutades att SSPA gör en avstämning med Transportstyrelsen innan simuleringarna genomförs. *(Avstämning har gjorts och Johan Skogwik meddelade per mail 3/12 att han tyckte föreslaget upplägg och körningsprogram såg bra ut och att han ser fram emot att ta del av slutrapporten)*
- 5) Fartygskonditioner för Stena Jutlandica under simuleringen:
 - För simuleringen väljs 2+2 huvudmaskiner igång
 - Djupgåendealternativ; $T_A=6,0\text{m}$; $T_F=6,0$ är medeldjupgående $T_A=6,3\text{m}$; $T_F=5,7\text{m}$ är en vanlig kondition,För simuleringarna väljs en lastkondition på:
 $T_A=6,7\text{m}$; $T_F=6,7\text{m}$. Detta är en kondition med större djupgående än vad Jutlandica kan lasta men det ger då även en uppfattning om möjligheter för Stena Danica som kan lastas till detta djupgående.
- 6) Under simuleringarna förutsätts att vattendjupet är muddrat till 7,6 m i aktuellt område. Simulering sker vid medelvattenstånd. Thorbjörn Henriksson uppgav efter kontroll med Göteborgs Hamn att hela området har ett djup på 7.6 m förutom en betongplatta vid nuvarande linkspan där djupet ligger på 7.5 m.
- 7) Stenas kajplats 27 är tom vid simuleringarna. Efter önskemål från Kim Lindholm beslutades att en fartygskontur av motsvarande fartygsstorlek läggs in efter genomförd simulering för att Stena Line ska kunna göra en bedömning av marginaler. Det påverkar dock inte Järnvågen.

- 8) Området under stora dockan samt omgivande område med 6,2 m vattendjup är "no go area" under simuleringen.
- 9) Utformning av tilläggsplats för Älvsytteln enligt alternativ 1 (lokalisering i västra hörnet av Järnvågen) men ingen Älvsyttelbåt förtöjd i västra tilläggsplatsen.
- 10) Vind: Simuleringar görs vid 4 olika representativa huvudvindriktningar.
Stegvis ökning av vindhastigheter upp till max 25 m/s (för västlig vind).
- 11) Ström: Ström modelleras med användning av Swecos beräkningar för ström för ett fall med tappning på 300 m³/s. Vid simuleringarna används ett kvadrerat medelvärde mellan 0 och 6 m djup för att ge realistiska strömkrafter på undervattenskrovet. Magnus Dahlström kommenterar att fartyg av Stenas storlek inte känner av så mycket ström då det är ytströmmen som är den kraftiga.
- 12) Isförhållanden: Is ingår ej i simuleringsmodellen men förutsebara effekter tas upp till diskussion och dokumenteras under utvärderingssessionerna.
- 13) Utvärdering:
a) SSPAs etablerade 8-gradig bedömningsskalor används för bedömning av lyckade/misslyckade manövrar och bedömning av svårigheter.
b) Jämförande säkerhetsindex beräknas och redovisas för varje simulering.
- 14) Körningsprogram:
Ett översiktligt program presenterades, se bifogad presentation.
- 15) Rapportinnehåll:

Rapportens huvudinnehåll presenterades, se bifogad presentation.
- 16) Byggnadshöjder och eventuella skymda sektorer:
Åsa Vernersson har skickat en plankarta med byggnadshöjder till SSPA. Erland Wilske bedömer vilka skymda vinklar som kan finnas och presenterar detta på lämpligt sätt under simuleringarna.



RAPPORT

Titel Beräkning av säkerhetsindex	Rapport Appendix 4 Projektledare Erland Wilske
Uppdragsgivare/Kontaktman	Författare Peter Ottosson Erland Wilske (Victor Westerberg)
Order	Datum 2008-05-07 (Reviderad 2015-06-29)

1 BERÄKNING AV SÄKERHETSINDEX

Indexet är beräknat enligt följande:

$$SI = SI_C \frac{1}{D_{tot}} (SI_R + SI_P + SI_T + SI_{BT}) \quad \text{Ekv (1)}$$

där

SI_C = klarningsindex

SI_R = roderindex

SI_P = propellerindex

SI_T = bogserbåtsindex

SI_{BT} = bogstrustersindex

D_{tot} = 2 om simulerade fartyget navigeras i farled, dvs. hamnmanövrar ingår ej

D_{tot} = 3 om fartyget antingen har bogtruster eller bogserbåt

D_{tot} = 4 om fartyget antingen har bogtruster och bogserbåt

1.1 Klarningsindex

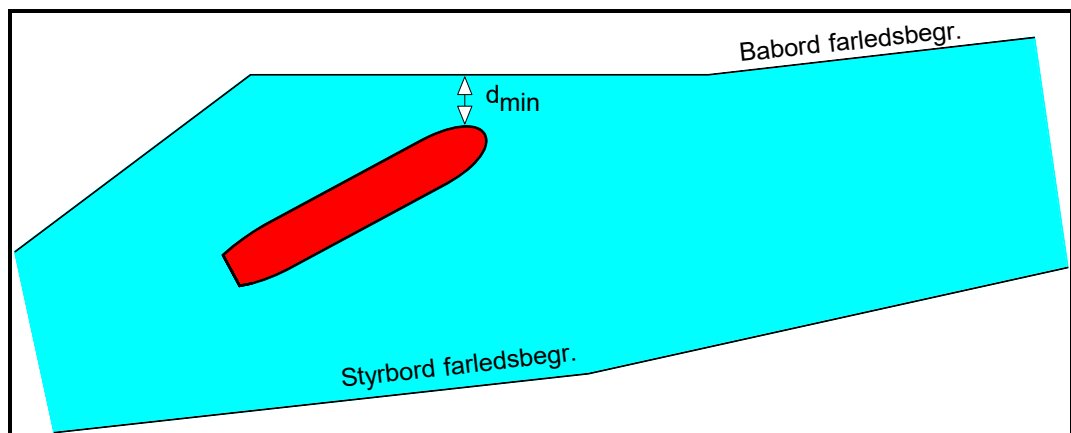
SI_C = Index till följd av lateral klarning till farledsbegränsning

$SI_C = 0$ då $d_{min} \leq 0$

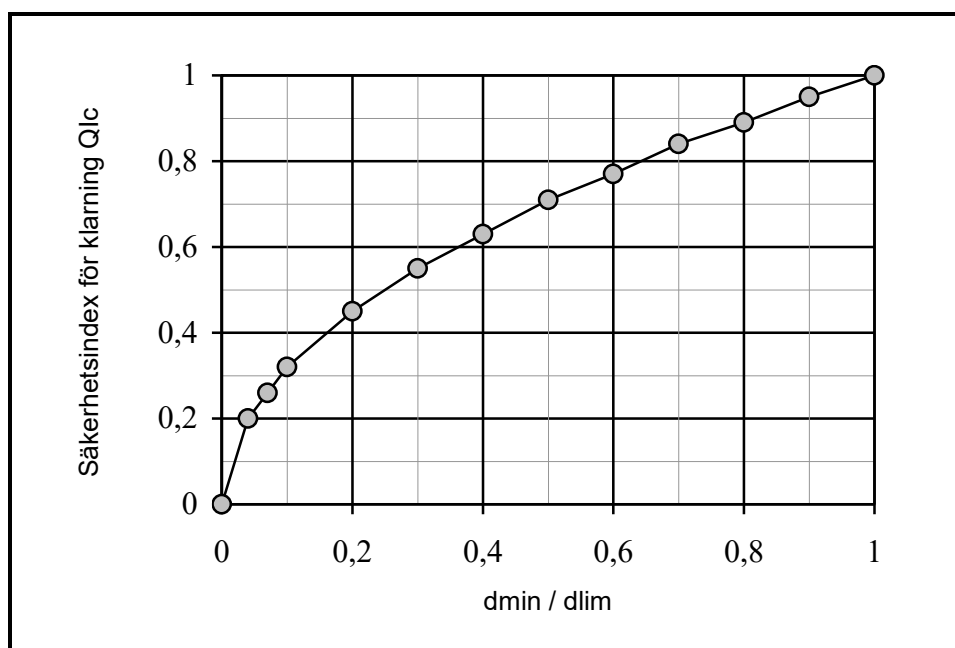
$0 < SI_C < 1$ då $0 < d_{min} < B/2$ Här är $SI_C = \sqrt{\frac{d_{min}}{B/2}}$ Ekv (2)

$SI_C = 1$ då $d_{min} \geq 0$

För simuleringarna i Skeppsbacka är d_{lim} satt till $B/2$



Figur 1 Definition av minsta avstånd d_{min} till farledsbegränsning



Figur 2 Säkerhetsfaktor för klarning SI_c

1.2 Roderindex

Om max rodervinkel används kontinuerligt under 120 sekunder eller mer någon gång under simuleringen samtidigt som framfarten är mer än 4 knop, erhålls

$$SI_R = 0$$

Om rodervinkeln ej någon gång varit över en viss gränsvinkel, δ_{lim} , här satt till 26° , erhålls

$$SI_R = 1$$

Roderindex räknas därmed ut enligt:

$$SI_R = 1 - \frac{\Pi_R \cdot \int_{t_1}^{t_2} (\delta - \delta_{lim}) dt}{(\delta_{max} - \delta_{lim}) \cdot 60} \quad \text{Ekv (3)}$$

där

t_1 = tidpunkt då rodervinkeln överstiger 26°

t_2 = tidpunkt då rodervinkel åter går under 26° eller då 120s passerat

$\Pi_R=0$ om fart < 4 knop och 1 om fart > 4

1.3 Propellerindex

Om maximalt maskinpådrag, utnyttjas kontinuerligt under 120 sekunder eller mer, någon gång under simuleringen, erhålls

$$SI_P = 0$$

Om maskinpådrag ej, vid något tillfälle, överstiger en viss gräns, här satt till 62%, eller farten är över 8 knop när maskinen arbetar med framkraft erhålls

$$SI_P = 1$$

Kraftigt maskinpådrag tillåts dock utan att straffa SI_P OM farten är högre än 60% av fartygets designfart. Detta eftersom högt maskinpådrag är nödvändigt om hög fart önskas.

Dvs;

$$V(t) \geq 0.60 \cdot V_{design} \Rightarrow SI_P = 1 \quad \text{Ekv (4)}$$

där

$V(t)$ = fartygets fart för ett specifikt tidssteg t

V_{design} = fartygets design fart

Propellerindex räknas därmed ut enligt:

$$SI_P = 1 - \frac{\Pi_P \cdot \int_{t_1}^{t_2} (n - n_{lim}) dt}{(n_{max} - n_{lim}) \cdot 60} \quad \text{Ekv (5)}$$

där

t_1 = tidpunkt då utnyttjande överstiger n_{lim}

t_2 = tidpunkt då propellerkraft åter går under n_{lim} eller då 120s passerat

$n_{lim} = 62\%$

$n_{max} = 100\%$

$\Pi_P = 0$ om $fart > 8$ knop propeller arbetar för framkraft, annars 1

1.4 Bogserbåtsindex

För var och en av de bogserbåtar som finns tillgängliga beräknas ett index, som blir $SI_{Ti} = 0$ om full kraft använts kontinuerligt under 120 sekunder. Om ej mer än 50% kraft använts vid något tillfälle under simuleringen blir värdet $SI_{Ti} = 1$ (i representerar numret på bogserbåten. Beräkningen av index på samma sätt som för roder och propeller.

Det totala bogserbåtsindexet erhålls ur:

$$SI_T = \frac{1}{i_{TUG}} \sum_{i=1}^{i_{TUG}} SI_{Ti} \quad \text{Ekv (6)}$$

i_{TUG} = antalet tillgängliga bogserbåtar

Om ingen bogserbåt används vid simuleringen sätts $SI_T = 1$.

1.5 Bogtrusterindex

Följande resonemang gäller för både bog- och aktertrustrar. I fall då fartyget har flera tunnlar intill varandra räknas den samlade effekten av dessa trustar som maxeffekt.

Om maximal effekt, utnyttjas kontinuerligt under 120 sekunder eller mer, någon gång under simuleringen, erhålls

$$SI_{BT} = 0$$

Om effekten överstiger en viss gräns, här satt till 75%.

$$SI_{BT} = 1$$

Trusterindex räknas därmed ut enligt:

$$SI_{BT} = 1 - \frac{\int_{t_1}^{t_2} (p - p_{lim}) dt}{(p_{max} - p_{lim}) \times 60} \quad \text{Ekv (7)}$$

där

t_1 = tidpunkt då effekt överstiger p_{lim}

t_2 = tidpunkt då effekt åter går under p_{lim} eller då 120s passerat

$p_{lim}=75\%$

$p_{max}=100\%$

2 KOMMENTAR TILL SÄKERHETSINDEX

Ekv (1) ovan innebär alltså att klarningen till farledsbegränsningen är det som straffas mest. Överskrider någon del av fartyget farledsbegränsningarna vid något tillfälle under simuleringen blir klarningsindex noll och därmed det totala index. Om däremot något av de övriga indexen (roder, propeller eller bogserbåt) blir noll, medan de övriga är 1 erhålls 0.67 för det totala indexet.

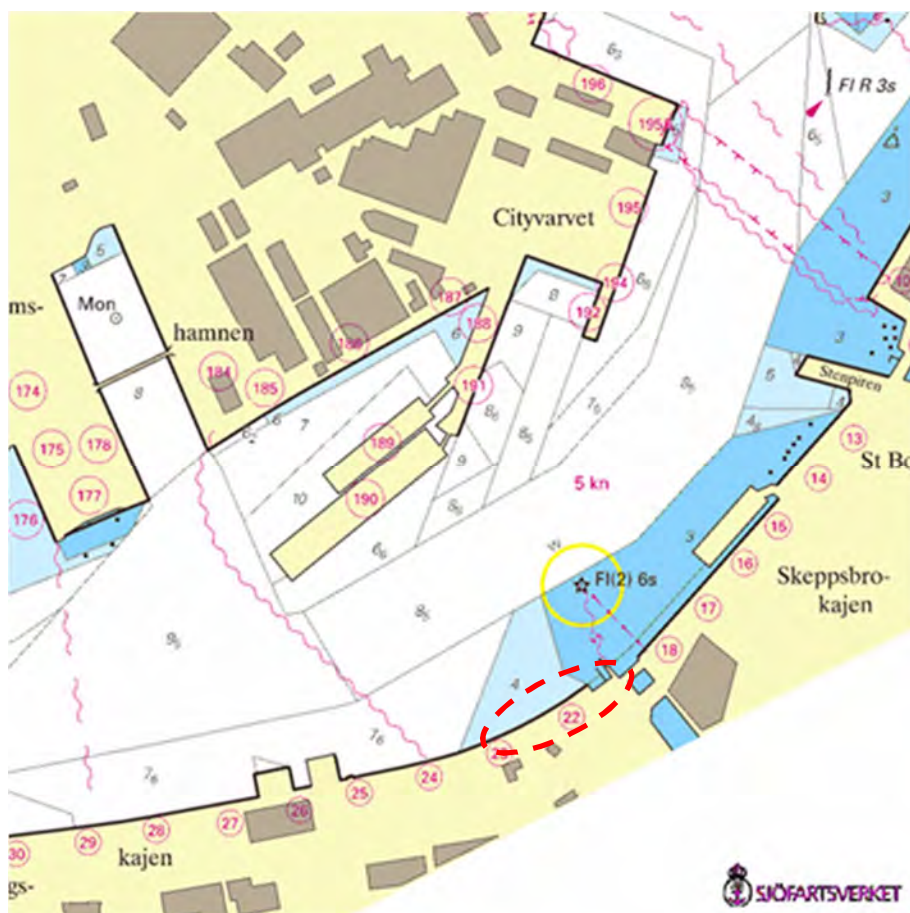
PM - DEN BEFINTLIGA MASTHUGGSKAJEN

2017-06-05

Den befintliga Masthuggskajen

Det område som berörs av byggande i vatten vid Järnvågen är en cirka 180 m lång sträcka befintlig kaj närmast väster om Rosenlundskanalen, kajplats 22-23. I själva tekniska beskrivningen ges en mer kortfattad redogörelse för uppbyggnaden av dessa kajplatser.

I denna PM beskrivs befintliga anläggningar och verksamheter utmed en betydligt längre del av Masthuggskajen. Detta är för att ge en fullständig beskrivning av konstruktionstyper och förhållanden vid det aktuella kajavsnittet, vilket kan vara av betydelse för en bättre förståelse av det aktuella kajavsnittets uppbyggnad och förutsättningar.



Figur 1. Den röda ovalen visar den del av befintlig kaj som berörs av byggande i vatten. Den generella beskrivningen i detta kapitel omfattar en större del av Masthuggskajen

Historik

Utmed södra älvstranden var det ursprungligen en "tandad" strandlinje med många små hamnbassänger och mellanliggande pirar, se Figur 2.



Figur 2. Kartutdrag från år 1876

Den nuvarande, raka Masthuggskajen byggdes under slutet av 1800-talet, varvid de små bassängerna fylldes igen. Ett sjökortsutdrag från år 1935 visar kajen med järnvägsspår och kajskjul.



Figur 3. Sjökartutdrag från 1935

2 (12)

PM - DEN BEFINTLIGA
MASTHUGGSKAJEN
2017-06-

Väster om Rosenlundskanalens mynning fanns dykdalber och pålverk. På norra älvstranden vid Götaverken fanns även då två flytdockor. Ett längsgående ledverk gick utmed farledens södra kant. Ett annat ledverk gick i riktning från kajen ut mot farleden, ungefär i gränslinjen mellan kajplats 23 och 24.

Vattendjupet vid Masthuggskajens östra del, kajplatserna 21-23, var 5,4 meter.

Godshanteringen var intensiv. Rälsburna kajkrantar lastade och lossade mellan fartyg, järnvägsagnar och lastbilar. År 1959 breddades kajen för att öka kapaciteten.



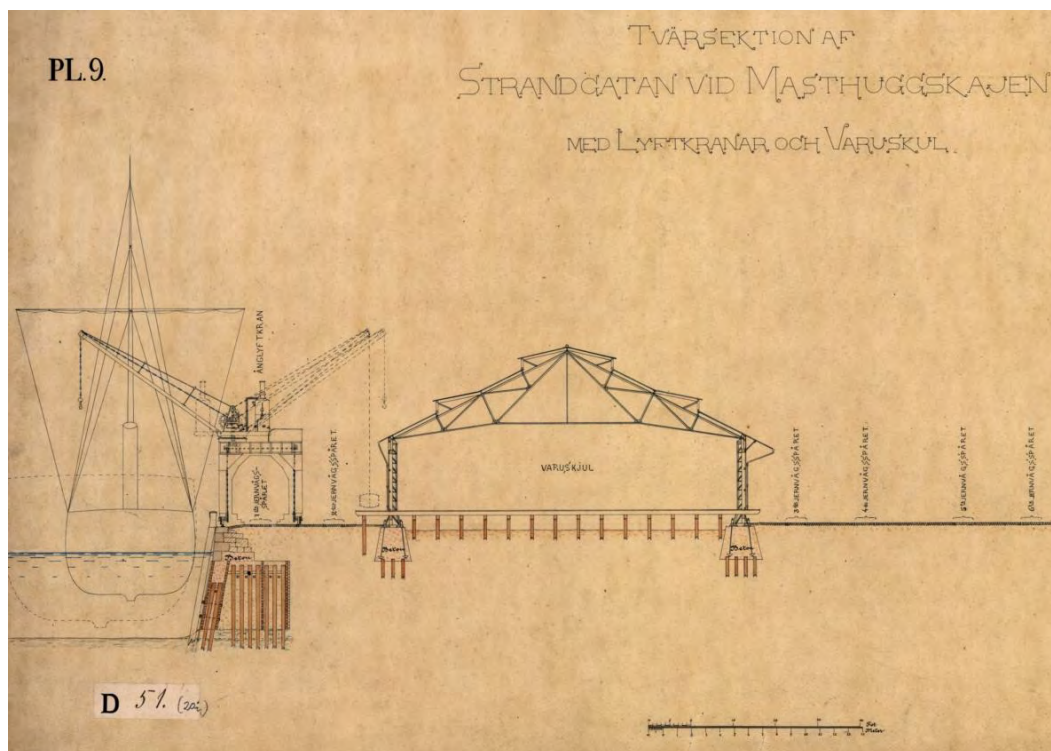
Figur 4. Intensiv lasthantering på Masthuggskajen. Bilder från 1968, 1969, 1971 och 1975 (sista bilden från västra delen av kajen)

Åren 1970-72 byggdes en färjeterminal för Stena Line vid kajplatserna 24-28.

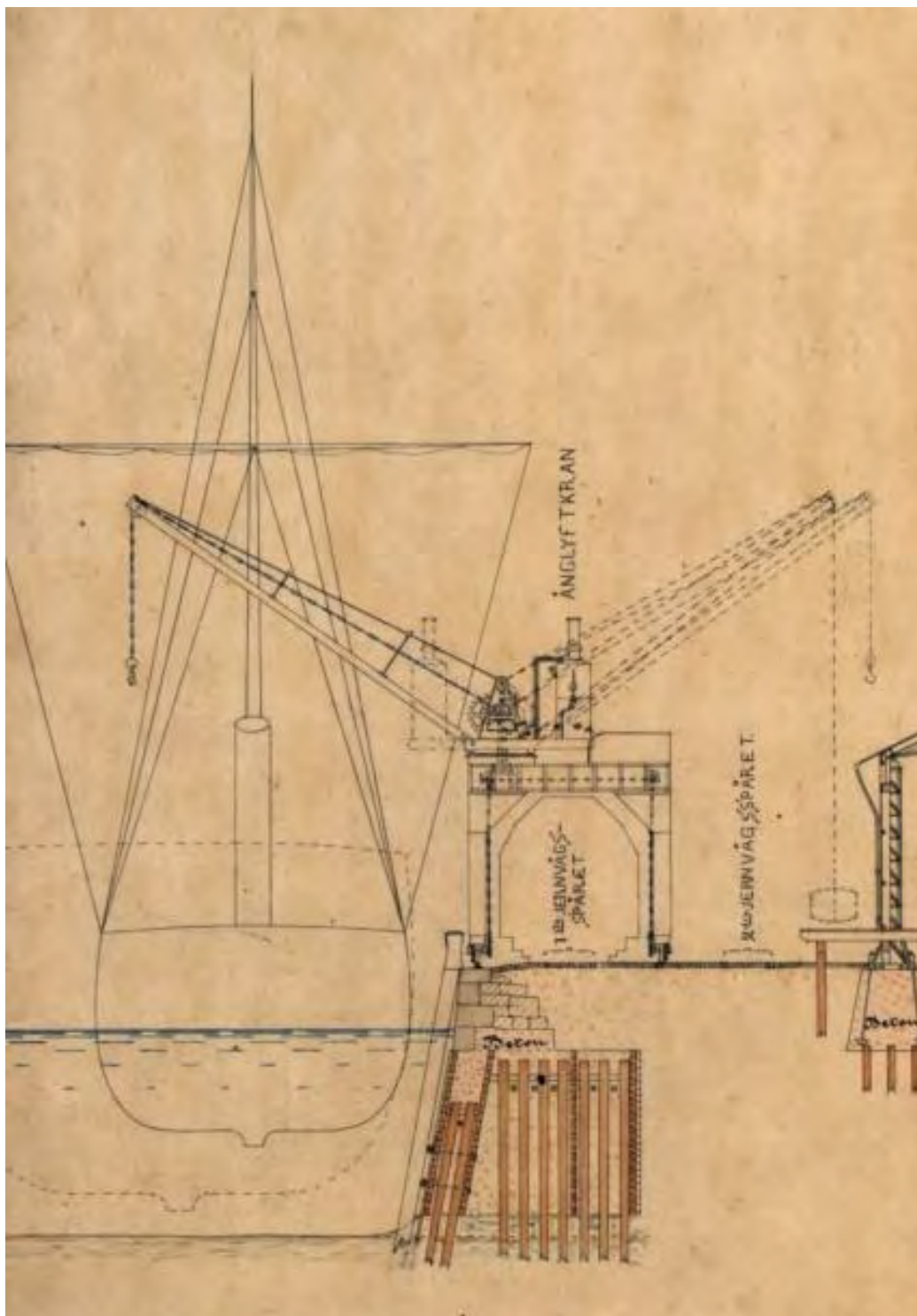
Murstenskaj

Den ursprungliga kajen från slutet av 1800-talet utgörs av en murstenskaj med innanförliggande fyllning, grundlagd på en betongsula som vilar på stenkistor och träpålar. Överst i stenkistorna, kring träpålarnas avskärningsplan, är det betong, därunder fyllning av sten och grus.

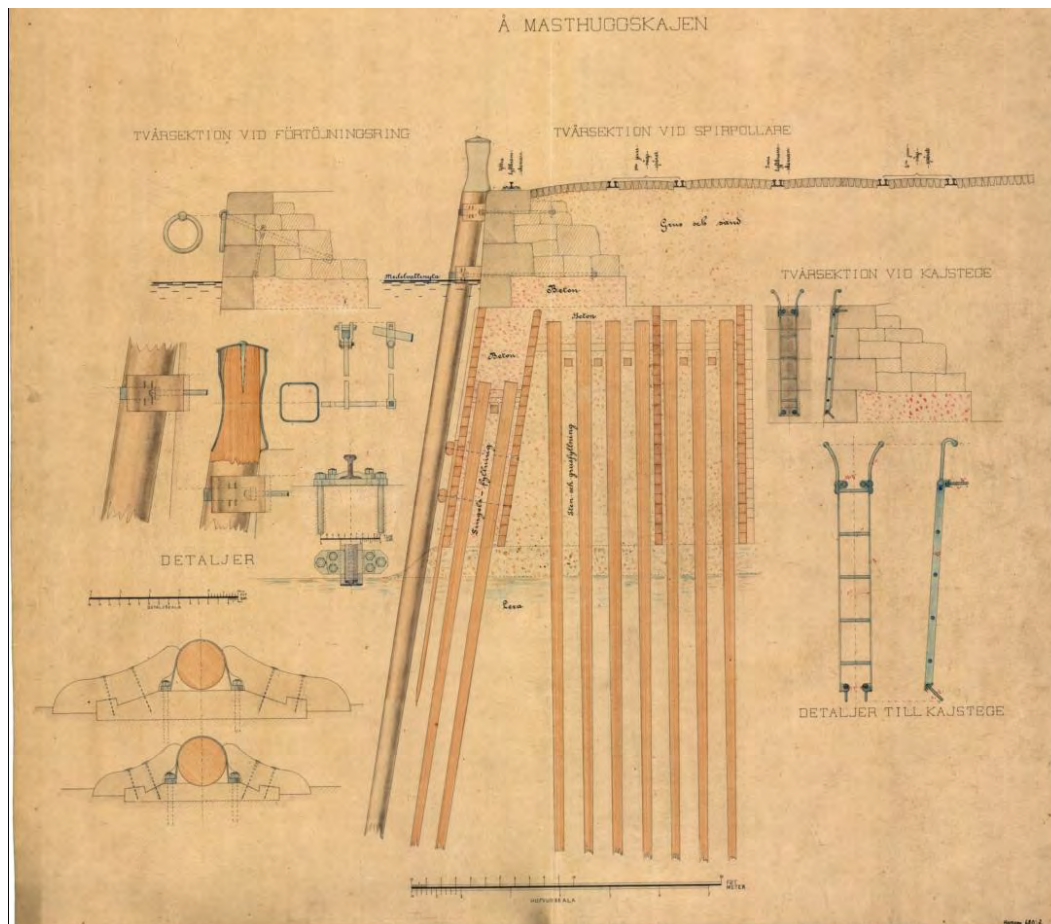
Utmed kajen har funnits en spårbunden kajkran. Under kranens portal gick ett järnvägsspår och parallellt med detta, innanför kranen, ytterligare ett spår.



Figur 5. Masthuggskajen med kajkran, järnvägsspår och skjul

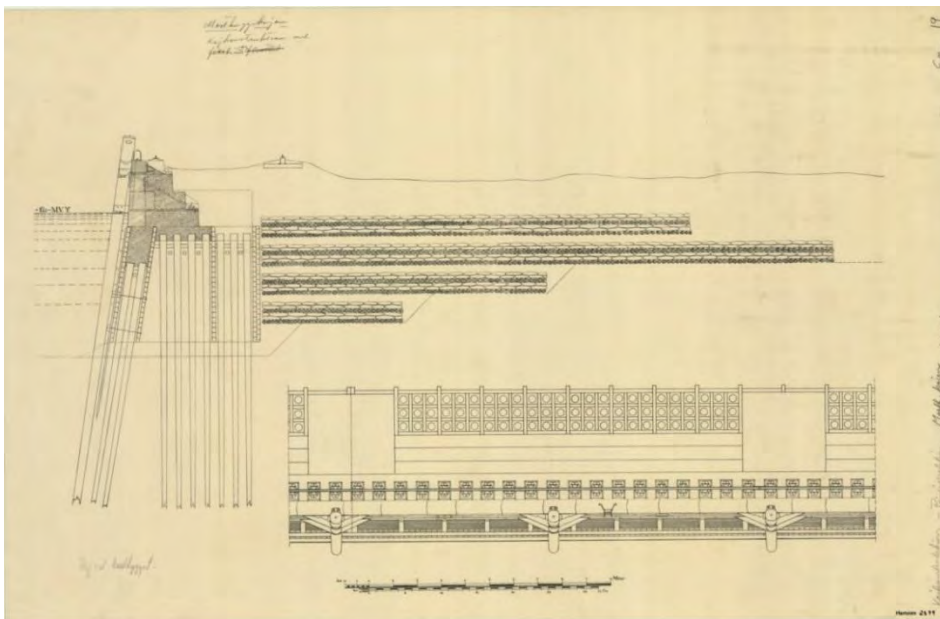


Figur 6. Detalj av kajen



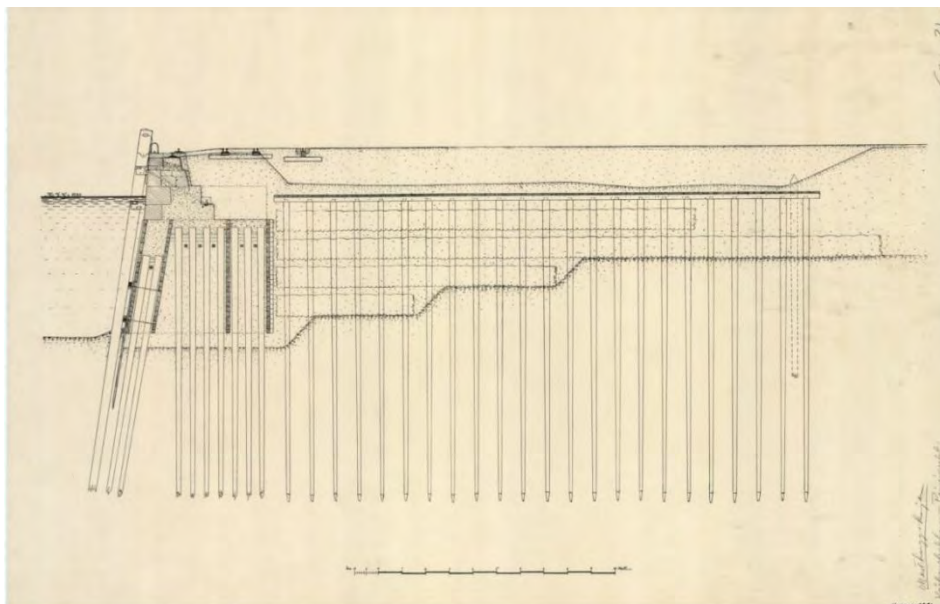
Figur 7. Kajen, sektion och detaljer

Innanför den del av själva kajen som är grundlagd på träpålar vilar fyllningen på flera lager av så kallade *faskiner*, bäddar av korslagda risknippen. Dessa bäddar är lastfördelande samtidigt som de utgör en typ av lättfyllning.



Figur 8. Kaj och innanförliggande risbäddar av sk. faskiner

Då Msthuggskajen skulle färdigställas år 1900 inträffade ett ras och en del av kajen fick byggas om. Man utförde då en träplattform på träpålar, vilka slogs genom risbäddarna. Träplattformen bar de översta ca 2 metrarna av fyllnadsmassor.

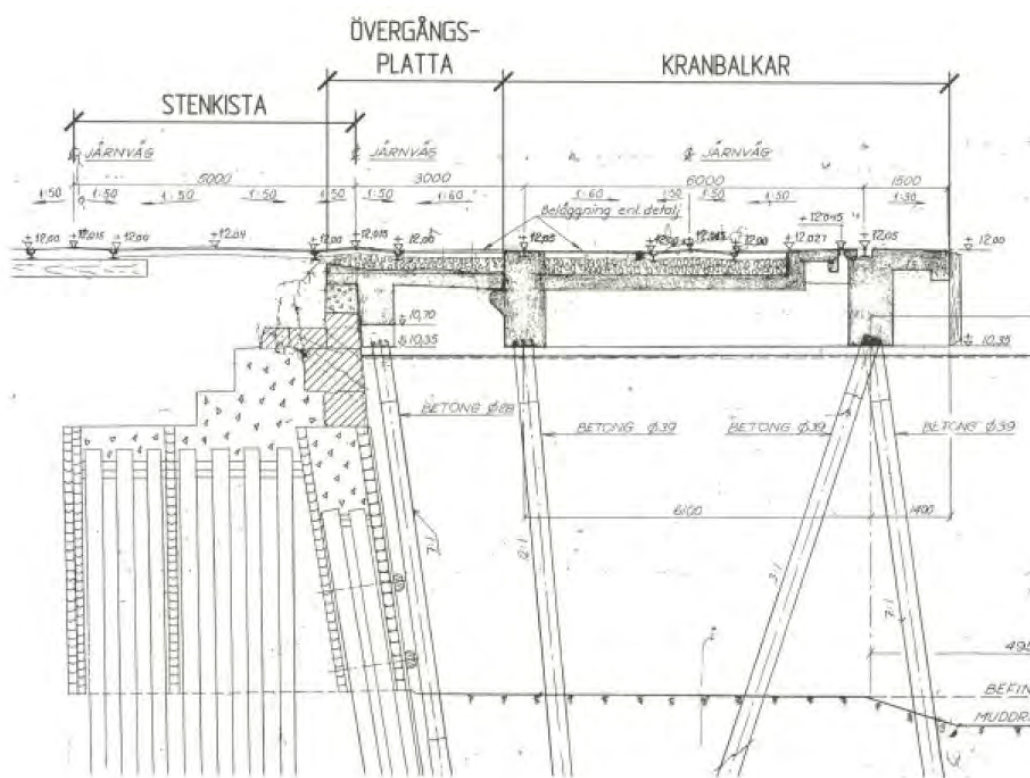


Figur 9. Förstärkt kajplan med träpålar och trädäck

Breddning av kajen

Masthuggskajen användes i praktiskt taget oförändrat skick fram till slutet av 1950-talet, då en ökande järnvägstrafik och begynnande pallhantering började ställa krav på en genomgripande modernisering. År 1959 gjordes en breddning av kajen med cirka 11 meter. Breddningen avslutades dock cirka 40 meter väster om Rosenlundskanalens mynning, så att den ursprungliga kajplats 21 inte kom att omfattas. (numreringen av kpl 21/22 har skiftat genom åren.)

Utanför det nya kajdäcket ökades det muddrade vattendjupet till 6,5 meter. På den allra ostligaste delen, öster om breddningen (kajplats 21), bibehölls dock 5,4 meters vattendjup.



Figur 10. Masthuggskajens breddning. Normalsektion från 1958

Hösten 1969 bestämdes att en ny färjeterminal för Stena Lines Danmarks- och Tysklandstrafik skulle byggas vid kajplatserna 24-28.

8 (12)

PM - DEN BEFINTLIGA
MASTHUGGSKAJEN
2017-06-



Figur 11. Stena Line-fartyg utmed hela östra delen av Masthuggskajen 1980

Terminalentrén för bilar låg då i höjd med kajplats 23. Här fanns även byggnader för tullvisitation.

Väster om det område som nu är aktuellt för vattenverksamhet har färjetrafiken orsakat stora stabilitetsproblem av olika slag.

När pålning för terminalbyggnaden påbörjades år 1970 konstaterade man att kajen försköts ut mot älven. Trots att ett schakt mellan pålning och kaj öppnades innan arbetena fortsatte, uppmättes en slutlig förskjutning av kajen på upp till 13 cm. Man befarade att förskjutningarna skulle resultera i dragkrafter i de bakåtriktade snedpålarna under den breddade kajdelen med risk för isärdragna pålskarvar. Några sådana kunde dock inte konstateras.

Innan man år 1980 påbörjade fördjupningen till 7,6 meter utföres vid kajplatserna 27 och 28 en stabilitetspålning med 5 rader av 26 meter långa skarvade träpålar försedda med pålplattor. Kajen försköts därvid maximalt 21 cm ut mot älven. Vid kajplatserna 24 och 26 kom beslutad fördjupning inte till stånd. Först år 1982 utfördes den planerade stabilitetspålningen, eftersom kajens stabilitet då bedömdes vara oroväckande låg på grund av den propelleruddring som skett nära kajen.

De äldre färjorna hade orsakat en omfattande propellererosion. Hålor med 10 m djup hade konstaterats – dock på sådant avstånd från kajen att dess stabilitet inte äventyrats. Närmare kajen hade 8 m uppmätts, där det borde vara endast 6,5 m.

I början av 1980-talet beställdes nya färjor med större motorstyrka, vilket medförde en större risk för propellermuddring. Därför anlades erosionsskydd på botten vid kaj och ramp på kajplats 27 och 29. Vid kajerna 24-26 var anlöpsfrekvensen inte lika hög och de största färjorna använde inte de platserna. Man gjorde därför inga erosionsskydd vid dessa kajplatser.

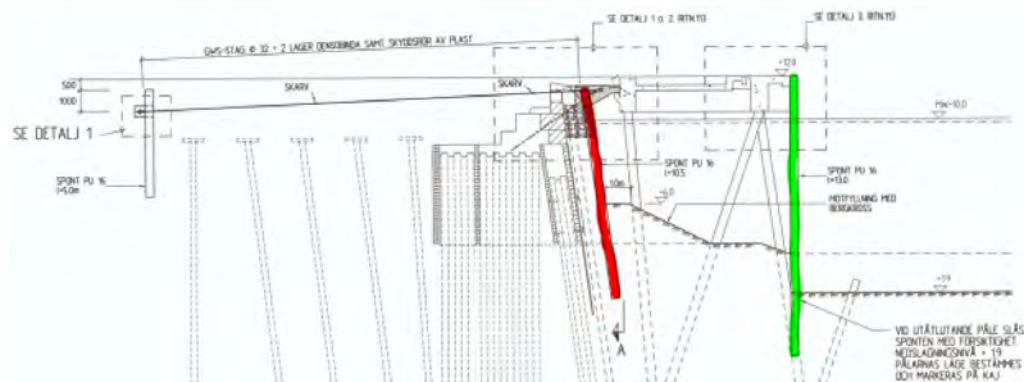
I mitten av 1990-talet beslutade Stena Line att starta trafik med snabbfärjor som sommartid skulle trafikera linjen Göteborg och Fredrikshamn. Höghastighetsfartyget HSS Stena Carisma beställdes för rutten, men blev försenat från varv. Under sommarsäsongerna 1996 och 1997 sattes därför fartyget Stena Lynx II in på rutten. Stena Carisma levererades i juni 1997.



Figur 12. Höghastighetsfartygen Stena Lynx II t.v., HSS Stena Carisma t.h.

Dessa fartyg drivs med vattenjetaggregat, vilka kan orsaka en betydligt större bottenerosion än konventionella propellrar. Under våren 1996 anpassades kajplatserna 24-26 för att ta emot snabbfärjor.

Erosionsskydd i form av betongplattor utfördes utanför kajplatserna. Skyddsspont slogs i två spontlinjer. En spont slogs i kajlinjen i höjd med fartygets akter, där påverkan från vattenjetaggregatens strålar är som störst. Denna spont, som är ca 70 m lång, täcker största delen av kajfronten på kpl 25 och går ett litet stycke in på kpl 26, se Figur 14.

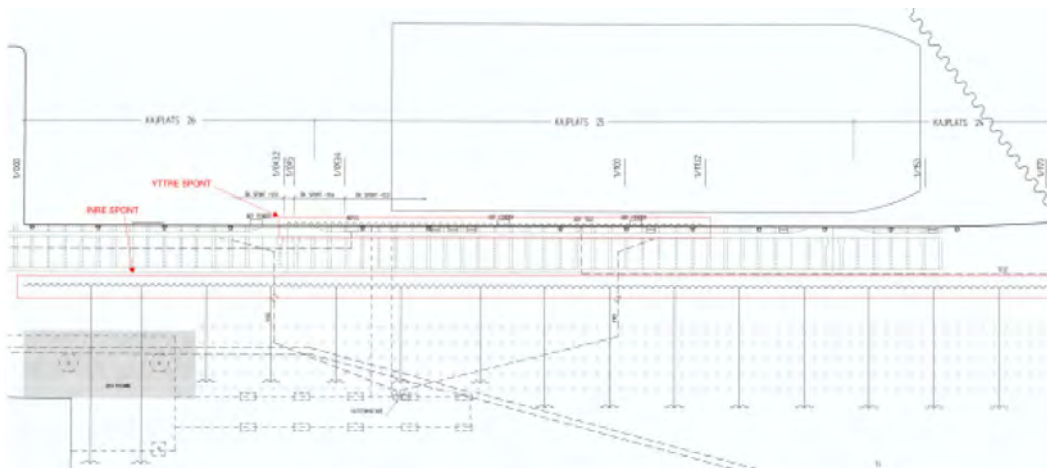


Figur 13. Yttre skyddsspont (grön) och inre skyddsspont (röd)

10 (12)

PM - DEN BEFINTLIGA
MASTHUGGSKAJEN
2017-06-

Den yttre skyddsspontens syfte är att förhindra erosion kring pålarna på det 11 m breda kajdäcket.



Figur 14. Yttre och inre skyddsspont, plan

En inre skyddsspont, ca 180 m lång, slogs längs den ursprungliga stenkajens framsida utmed halva kajplats 24 samt kajplatserna 25 och 26. Innanför sponten har fyllning utförts med sand och bergkross. Sponten har en kombinerad funktion. Främst att som en bakåtförankrad spontkaj förstärka och stabilisera hela kajkonstruktionen och att skydda stenkistorna från fortsatt urspolning efter rötangrepp. Dessutom bidrar sponten till att skydda stenkistornas träpålar från ytterligare skeppsmaskangrepp.

Vid dykarbesiktningar på Matshuggskajen hade man konstaterat angrepp av bormussla (skeppsmask) på träpålar som frilagts av propellermuddring. Genom att stänga ute det salta bottenvattnet i Göta älv med spont och kringfylla med sand kring pålarna skapas en miljö med sötare grundvatten där inga livsbetingelser för bormusslan finns kvar.

Båda spontlinjerna är försedda med katodiskt skydd i form av offeranoder.

Kajbesiktningar

Ett antal besiktningar har utförts på Masthuggskajen. Generellt har de flesta skadorna och stabilitetsproblemen konstaterats längre västerut, framför allt på kpl 27-28, medan kpl 22-24 visat sig vara i bättre skick. Detta har flera orsaker. Längre västerut har pålning för Stena Lines terminalbyggnad och stabiliseringspålning orsakat förskjutningar i kajen samtidigt som muddring till större vattendjup och kraftig propellererosion från den intensiva färjetrafiken orsakat försämrade stabilitet. Vid kpl 22-24 har den ursprungliga bottennivån bibehållits, fartygs- trafikken har varit mindre intensiv och färre pålade byggnader och konstruktioner uppförts. Alla dessa faktorer har bidragit till att de kajplatser som denna tekniska beskrivning gäller har motstått tidens tand bättre.

En besiktning av hela Masthuggskajen utfördes i augusti 2004 av Dyk & Sjöttjänst AB. Bl a konstaterades att alla isskydd var korrosionsskadade.

Vid en besiktning av DAWAB i oktober-november 2011 noterades ett antal skador på kpl 21-24;

- En längsgående spricka på undersida kajdäck längs hela kpl 21. Sprickan hade observerats redan 2004 och hade inte förändrats sedan dess.
- En påle saknades i C-raden (innersta raden) på kpl 24.
- En påle var av i anslutning till balken i A-raden (främre raden) på kpl 24.
- Ett antal "extra" betongpålar upptäcktes på kpl 22 (27 st) och en bit in under kpl 23 (9 st).
- Av offeranoder på stålsporten återstod ca 30%.
- Längs kpl 22 och 23 fanns glapp mellan rustbädd och stenkista. Knutarna i stenkistan var rötskadade, översta stocken saknades och fyllnadsmaterial hade lakats ur.

Från en besiktning som DAWAB utförde i novenber 2012 till februari 2013 rapporteras sprickor, spjälad betong och frilagd armering på huvudbalken på kpl 23 och 24. Skadorna bedömdes inte vara alarmerande.

I en PM från ELU skriven i april 2013 föreslås följande som planerat underhåll;

- 2013 - stenkistans öppning på kpl 22-23 åtgärdas och att fyllning görs med skumbetong. Avslagen påle i A-rad på kpl 24 ersätts.
- 2014 - spontens offeranoder ersätts på kpl 24-25.
- 2015 – särskild inspektion (stenkista+bottenprofiler)
- 2017 – Huvudinspektion.
- 2018 – skydda stenkista kpl 22-24 med marin plyfaskiva.
- 2020-21 – betongreparation underkant frontbalk.

I en PM från ELU skriven i april 2014 påpekas igen att offeranoderna nu är förbrukade och bör ersättas.

Såvitt känt är inte de underhållsåtgärder som föreslogs 2013 och 2014 utförda.