



RAPPORT

Datum:
2015-10-06

SSPA Rapport Nr.:
20157624-01-00-A

Projektleddare:
Alexandra Bakosch

Författare:
Alexandra Bakosch
Alexandra.bakosch@sspa.se
0730 72 90 93

Björn Forsman
Bjorn.forsman@sspa.se
0730 72 90 59

JM AB
169 82 Stockholm

Referens:
Gunnar Landing

Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys – DP Marievik

Denna rapport redovisar och analyserar identifierade risker utifrån ett påseglingssperspektiv då det ska byggas bostäder i Marievik som en del av utbyggnaden av Årstadals östra del i Stockholm. Riskanalysen redovisar beräkningar av påseglingssannolikheter och bedömningar av möjliga påseglingsscenarioer samt uppskattning av individrisk. Rapporten är avsedd att ingå som del i samrådsunderlag till detaljplaneprocessen.

SSPA Sweden AB

Johan Algell

Vice President
Maritime Operations

SSPA Sweden AB

Alexandra Bakosch

Project Manager
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/VATNO: SE556224191801

Sammanfattning och rekommendationer

I Marievik planeras det för nya bostäder nära befintlig kaj. Anläggningarna inkräktar inte på det befintliga utrymmet i Hammarbyleden men fasaderna på några av de planerade bostadshusen ligger något tiotal meter innanför kajkanten varför en riskidentifiering samt en riskanalys gällande eventuell påseglingsrisk har genomförts.

De största fartygen i Hammarbyleden är mellan 70 och 100 meter i längd och fartygsstorleken begränsas främst av Hammarbyslussens dimensioner (115 meter). Av de två farlederna som utgör Hammarbyleden används den söder om Årsta holmar för yrkestrafik och större båtar. Högsta tillåtna hastighet är 7 knop i farleden och strömhastigheten anses ej påverka sjöfarten. Fartygstrafiken i farleden domineras av mindre yrkesfartyg och fritidsbåtar. Endast 8% av yrkessjöfarten är längre än 70 meter. I framtiden kan sjöfart med fartyg tillhörande de större storlekklasserna komma att öka.

Av de identifierade påseglingsriskerna bedöms två huvudtyper prioriteras för vidare detaljerad analys av sannolikhet och konsekvenser. I riskanalysen undersöks: oönskad påseglingsskida orsakad av tekniska roderfel (riktning: från Hammarbyslussen) samt misslyckad styrbordsgir (båda riktningarna).

Tekniska fel med roder kan vid passage av Marievikskajen ge påseglingsskador med branta vinklar. Sannolikheten för denna typ av påsegling är dock mycket låg. Sannolikheten för att styrbordsgiren blir misslyckad, på grund av tekniska eller mänskliga fel, är högre. Förväntad returperiod för påsegling av Marievik 15 uppskattas för dimensionerande fartyg (displacement mellan 3 000-5 000m³) till storleksordningen 3 800 år. Detta inkluderar påseglingsrisk för båda identifierade olyckstyper. För de flesta av dessa scenarion är dock påseglingsskador relativt flacka vilket förväntas ge ett glidande påseglingsskador med begränsade skador på kajen.

Risken för att den bärande byggnadsstrukturen i den planerade tornliknade bostadsbyggnaden vid Marievik 15 kollapsar på grund av en påseglingsskida bedöms vara försumbar om de omgivande kajerna dimensioneras för att kunna ta upp skadliga påseglingsskador från de största fartygstyperna, under branta påseglingsskador och farter upp till 7 knop.

Storleksordningen 5-10 personer skulle kunna tänkas omkomma om omfattande skador uppstår på fastigheten (mellanväggar och tak rasar in) som en följd av en kraftig påsegling med penetration av kaj. Under förutsättning att kajen framför byggnaden i Marievik 15 konstrueras utifrån troliga dimensionerande påseglingsscenarier, uppskattas individrisknivån för personer som vistas i byggnaden att bli låg och falla inom de ramar som normalt anses acceptabla med hänsyn till fastighetens planerade användning. Som försiktighetsåtgärd bör dock kajdäcket konstrueras så att det separeras från bakomliggande byggnaders grundstruktur. På så vis kan eventuella påseglingsskador inte direkt överföras från kajkant till huskropp. De flesta påseglingsskador förväntas ske under flack vinkel och arrangemang med glidbalk längs kajkrönet rekommenderas därför så att en del av rörelseenergin överförs till kursändring av det påseglande fartyget.

Innehållsförteckning

Sammanfattning och rekommendationer	2
--	----------

Figurförteckning.....	5
------------------------------	----------

1	Inledning	7
	Bostadshus i Marievik	7
	Målsättning och syfte	8
	Metodik och arbetssätt	8
	Omfattning och avgränsning	9
1.1	2 Nulägesbeskrivning - Sjötrafik i området.....	11
1.2	Farleder och restriktioner	11
1.3	Strömhastigheter.....	12
1.4	Fartygstrafik	13
2.1	Fartygsstorlek.....	14
2.2	Fartygskategorier.....	16
2.3	AIS-data	16
2.4	Framtidens sjötrafik.....	17
2.5	Planerade förändringar för byggnader i Marievik	18
2.5.1	Inre delen av kajen	18
2.5.2	Mellersta delen av kajen.....	18
2.5.3	Yttre delen av kajen.....	18
2.6	Marievikskajen som helhet	20
3	Riskidentifiering.....	22
3.1	Historiska incidenter	22
3.2	Identifierade möjliga olyckstyper för Marievik	22
3.3	Påsegling - möjliga scenarier.....	22
3.4	Olyckstyper prioriterade för vidare analys	24
	Övriga olyckstyper.....	26
4.1	4 Risk - terminologi och definitioner	28
4.2	Några risktermer	28
4.3	Riskbegreppet.....	29
5.1	Acceptanskriterier	31
5.2	5 Riskanalys	33
5.3	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot inre delen av Marievikskajen.....	35
5.4	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot mellersta delen av Marievikskajen	37
5.5	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot Marievik 15	39
5.6	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot den nordöstra kajen.....	41
5.7	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot flytbryggor	42
5.5.1	Påsegling av Brygga.....	42
5.5.2	Påsegling av Brygga 2.....	43
	Sammanfattning av påseglingssannolikheter.....	44
	Konsekvenser av påsegling.....	45
5.7.1	Konsekvenser av påsegling av kajens inre del	46
5.7.2	Konsekvenser av påsegling av kajens mellersta del	46
5.7.3	Konsekvenser av påsegling av kajens yttre del och Marievik 15	47

	Konsekvenser av påsegling av nordöstra kajen	49
	Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens	50
6	Riskvärdering	52
	Kriterier	52
	Individrisk Marievik 15	52
5.8	Samhällsrisk Marievik 15	53
5.9	Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys	53
7	Riskreducerande åtgärder	55
6.1	Riskreducerande åtgärder för den inre delen av kajen	55
6.2	Riskreducerande åtgärder för den mellersta delen av kajen	55
6.3	Riskreducerande åtgärder för den yttre delen av kajen – Marievik 15 och Brygga 2	55
6.4	Riskreducerande effekt av planerade och föreslagna åtgärder	56
7.1		
7.2		
7.3	8 Resultat och slutsatser	58
7.4		
9	Referenser.....	60

Figurförteckning

Figur 1. Orienteringskarta över Marievik. (Equator, 2015)	7
Figur 2. Riskhanteringsstruktur	9
Figur 3. Sjökort över Hammarbyledens västra del och förstorat utdrag över aktuellt område av Årstadalshamnen (eniro.se)	11
Figur 4. Utsnitt ur SMHIs beräkningar med Delft3D som visar uppskattade ytströmmar i Liljeholmsviken och Årstaviken. Figuren överst visar ett fall med tappningsflödet 70 m ³ /s och underst 140 m ³ /s genom Hammarbyslussen.	13
Figur 5. Antal passager genom Hammarbyslussen med yrkestrafik under 2012. (STH, 2013)	14
Figur 6. Antalet passager av stora fartyg över året (2012).	15
Figur 7. Till vänster: Jehander 1 på väg genom Hammarbyslussen. (Foto: Anders Winter) Till höger: Kaili.	15
Figur 8. Sammanställning av fartygskategorier baserat på fartygspassager genom Hammarbyleden 2013. (STH, 2013)	16
Figur 9. Densitetsplott från IWRAP för södra farleden. Baserat på AIS-data (SSPA, 2012).	17
Figur 10. Marievikskajen - från öster. Gult: inre delen av kajen, orange: mellersta delen av kajen, rött: yttre delen av kajen.	18
Figur 11. Situationsplan över bottenvåning - Marievik 15. (Brunnberg&Forshed Arkitektkontor AB, 2015)	19
Figur 12. Marievik 15, med föreslagen konsolbrygga i riktning mot Liljeholmsbroarna. .	21
Figur 13. Sjökortsutdrag av farleden närmast Marievikskajen. (eniro.se)	23
Figur 14. Sjökortsutdrag över farleden vid Marievik med inritade, möjliga olycksscenario. Röd, heldragen pil visar normal fartygstrafik i riktning från Hammarbyslussen medan de punktade, röda pilarna visar potentiella påseglingsrisker. Motsvarande gäller för fartygstrafik mot Hammarbyslussen som är markerad med grön färg.	25
Figur 15. Exempel på riskmatris.	29
Figur 16. Exempel på acceptanskriterier för samhällsrisk.	32
Figur 17. Förenklat schematiskt felträd för sannolikheten av att byggnaderna påseglas. 34	
Figur 18. Antal fartygspassager genom Hammarbyslussen (2012) indelat i olika storleksklasser.	34
Figur 19. Möjliga oönskade påseglingsskador vid roderfel/låsning - inre Marievikskajen. 36	
Figur 20. Påseglingsrisker för mellersta delen av Marievikskajen.	38
Figur 21. Påseglingsskador för Marievik 15.	40
Figur 22. Påseglingsskador för nordöstra kajen.	42
Figur 23. Påseglingssannolikhet för Brygga - mellersta kajen.	43
Figur 24. Påseglingssannolikhet för Brygga 2.	44
Figur 25. Förtydligande av de olika delarna av Marievikskajen. Gult: inre delen av kajen, orange: mellersta delen av kajen, rött: yttre delen av kajen, dvs. Marievik 15. Lila visualiserar den planerade konsolbryggan.	45

Figur 26. Fartyget Nordanvind (L 45m, B 6m, T 2,9m, lastkapacitet 350 ton) med ett utskjutande transportband. (foto B Forsman)	47
Figur 27. Påseglingsscenario med kajpenetration och fasadkontakt utan rotation/glidning för två olika fartyg med 30° påseglingsvinkel.....	49
Figur 28. Fartyget Solskär vid N Hammarbykajen (Längd 38 m) med ett utskjutande matarband i fören. (foto: A. Bakosch)	51
Figur 29. Föreslagen riskreducerande åtgärd för Brygga 2.	56

1 Inledning

Bostadshus i Marievik

Årstadal i Stockholm expanderar och som en del av expansionen byggs Årstadals östra del om och det planeras nya bostäder i Marievik. Ny markanvändning omfattar, enligt detaljplanen, cirka 6,5 hektar i anslutning till Liljeholms- och Sjövikskajen.

- 1.1 Planområdet är beläget i östra delen av stadsdelen Liljeholmen/Årstadal och gränsar i väster mot det nya planerade bostadsområdet samt mot Årstaängsvägen. I söder avgränsar Buteljgatan och österut avgränsas området av Årstavikens vatten. Norrut av Liljeholmsbroarna.

FÖRKLARING:

- AMF FASTIGHETER
- ABERDEEN
- DB REAL ESTATE
- JM
- BROSTADEN



Figur 1. Orienteringskarta över Marievik. (Equator, 2015)

Målsättning och syfte

Hammarbyleden mellan Liljeholmsbroarna och Hammarbyslussen består av två farleder; söder om Årsta holmar trafikeras farleden av kommersiell sjöfart och norr om trafikeras den av fritidsbåtar. Som samrådsunderlag till detaljplaneprocessen för Marievik krävs, dels en riskidentifiering som berör risker för påsegling av kajer och

- 1.2 bostadshus från passerande fartyg, dels en riskanalys med kvantitativa sannolikhetsberäkningar och konsekvensbedömningar samt resonemang för de identifierade riskerna.

Denna rapport identifierar möjliga risker som sjötrafiken kan medföra gällande påseglingsrisk för planerade fastigheter i Marievik. Sannolikhet och konsekvens av olyckor beskrivs kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt.

Målet är att ge kunden och berörda myndigheter ett objektivet underlag för bedömning och värdering av påseglingsrisker, främst för de planerade bostadshusen i Marievik 15 (grönmarkerade byggnader längst till vänster i figuren ovan). Fokus på risker som beaktas i samband med påsegling är främst för personskada/liv.

Studien omfattar även förslag till möjliga riskreducerande åtgärder.

Metodik och arbetssätt

- 1.3 Riskanalysen genomförs enligt etablerad metodik och följer i tillämpliga delar den av IMO rekommenderade FSA metodiken liksom även ISO standard 3100 och 31010 där så bedöms vara möjligt.

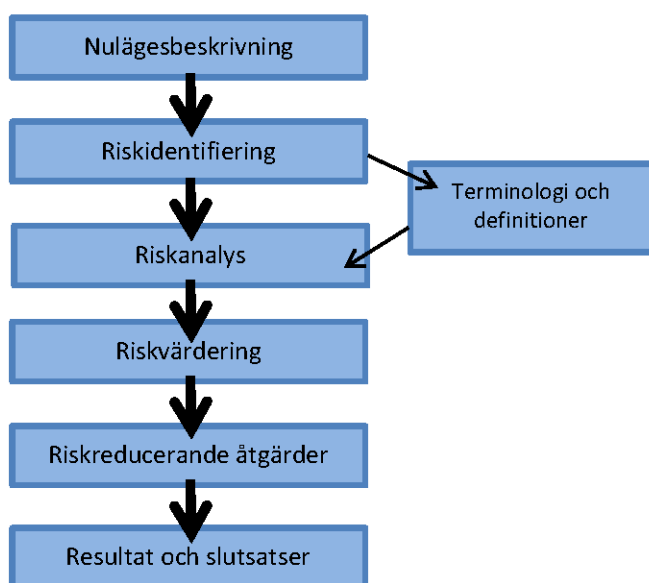
Utifrån det material som erhållits i form av planbeskrivning och annan relevant inhämtad information, har risker identifierats och sammanställts. Val av representativa referensfartyg för riskidentifieringen baseras på AIS-data¹. Redovisningsformat överensstämmer med praxis.

Identifierade risker för påsegling av kaj beskrivs därefter ur sannolikhets- och konsekvensperspektiv.

Kontakt och avstämning av preliminära resultat med kunden har genomförts och en utkastrappport har presenterats för kommentarer och kompletteringar.

Riskhanteringsstrukturen kan visualiseras enligt figuren nedan, där de huvudsakliga momenten för riskbedömning är: riskidentifiering, riskanalys, och riskvärdering.

¹ AIS – Automatic Identification System. Ett obligatoriskt system med transponders där alla fartygsrörelser registreras och identifieras.



Figur 2. Riskhanteringsstruktur

Omfattning och avgränsning

1.4

Identifiering av påseglingsrisker är ett första steg i en riskbedömning. Kompletterat med sannolikhetsberäkningar och konsekvensbeskrivning av påseglingsriskerna erhåller berörda parter och ansvariga myndigheter ett viktigt underlag för en helhetsbedömning av risk- och säkerhetsaspekter för det planerade projektet.

Denna rapport omfattar huvudmoment motsvarande figuren ovan:

- **Områdesbeskrivning** – Farled och sjötrafik undersöks och beskrivs utifrån erhållen AIS-data. Berörda bostadsfastigheter och kajkonstruktioner beskrivs översiktligt med avseende på dimensionering och antal boende.
- **Riskidentifiering** – Faror och möjliga olycksscenarioer identifieras genom undersökning av statistiskt underlag och historisk dokumentation av incidenter och olyckor i berört område och rangordnas.
- **Riskanalys** – Identifierade olycksscenarioer analyseras och sannolikheter för, respektive konsekvenser av olyckor beskrivs kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt. Inledningsvis beskrivs terminologi och definitioner av riskbegreppet.
- **Riskvärdering** – Beräknade och uppskattade sannolikheter och konsekvenser för de respektive undersökta påseglingsscenarierna presenteras och illustreras i pedagogiskt tydligt format. Eventuella risker till följd av påsegling, som bedöms

vara större än försumbara, identifieras och rangordnas för fortsatt analys av möjliga riskreducerande åtgärder.

- **Riskreducerande åtgärder** – Befintliga riskreducerande åtgärder bedöms utifrån genomförd riskvärdering och eventuellt erforderliga, möjliga kompletterande riskreducerande åtgärder identifieras.
- **Resultat och rekommendationer** – Resultaten sammanfattas och presenteras för kunden. Efter resultatgenomgång och diskussion sammanställs en slutlig rapport med beskrivning av alla delmoment samt en tydlig formulering av resultat och rekommendationer.
- **Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys** – Som en del av analysarbetet genomförs även en översiktlig osäkerhetsanalys gällande analysmoment samt den sammanvägda riskbedömningen. Uppskattade osäkerheter ställs i relation till den inverkan de kan förväntas ha på presenterade rekommendationer.

2 Nulägesbeskrivning - Sjötrafik i området

Sjötrafik i farleder varierar vad avser fartygstyper, fartygsstorlekar och antal passager. Med hjälp av AIS-data har trafikmönster för önskat område i Hammarbyleden analyserats och sjötrafiken i området beskrivs översiktligt nedan.

Farleder och restriktioner

- 2.1 Trafiken i området begränsas av Hammarbyslussen där fartygsstorleken får vara max 110 meter i längd och 15 meter i bredd. Djupgåendet är begränsat till 5,5 meter. Själva slusskammaren är 115 meter lång och 17,4 meter bred. Vattendjupet över slusströsklarna är 6,29 meter (Sjöfartsverket, 2013).



Figur 3. Sjökort över Hammarbyledens västra del och förstort utdrag över aktuellt område av Årstadalshamnen (eniro.se)

Länsstyrelsen är den myndighet som reglerar hastigheten i farleder via föreskrifter och rekommendationer. En sammanställning av gällande hastighetsföreskrifter inom länet finns särskilt beskrivna i Stockholms läns författningssamling (01FS 2001:138). I det aktuella området av Hammarbyleden är den högsta tillåtna hastigheten 7 knop för alla fartyg. Hammarbyleden begränsas i öster av Danvikskanalens mynning mot Saltsjön och i väster av en sydvästlig/nordostlig linje genom Reimersholmes västra udde (Länsstyrelsen Stockholm, 2001).

I vattenområdet mellan Liljeholmsbroarna och Hammarbyslussen finns två farleder. Årsta holmar är en naturlig avgränsare och söder om holmarna är segelfri höjd på 25 meter under Årstabron. Denna farled trafikeras av kommersiell sjötrafik. Ett flertal företag och fartyg utnyttjar regelbundet Hammarbyleden för trafik mellan Mälaren, längs Norrlandskusten och till Finland/Baltikum.

Norr om Årsta holmar är den segelfria höjden något lägre – 20,7 meter – och farleden trafikeras främst av fritidsbåtar. Cirka 27 000 fritidsbåtar passerar årligen genom Hammarbyslussen varav en stor andel är segelbåtar som inte kan passera under de fasta broarna vid Slussen Söderström. Mellan 1995-1999 har i genomsnitt 1 800 segelbåtar årligen begärt broöppning vid Liljeholmsbroarna.

Liljeholmsbroarna tillåter en segelfri höjd av 14,7 meter under det fasta spannet och 13,7 meter under den öppningsbara delen, klaffbron, när den är stängd.

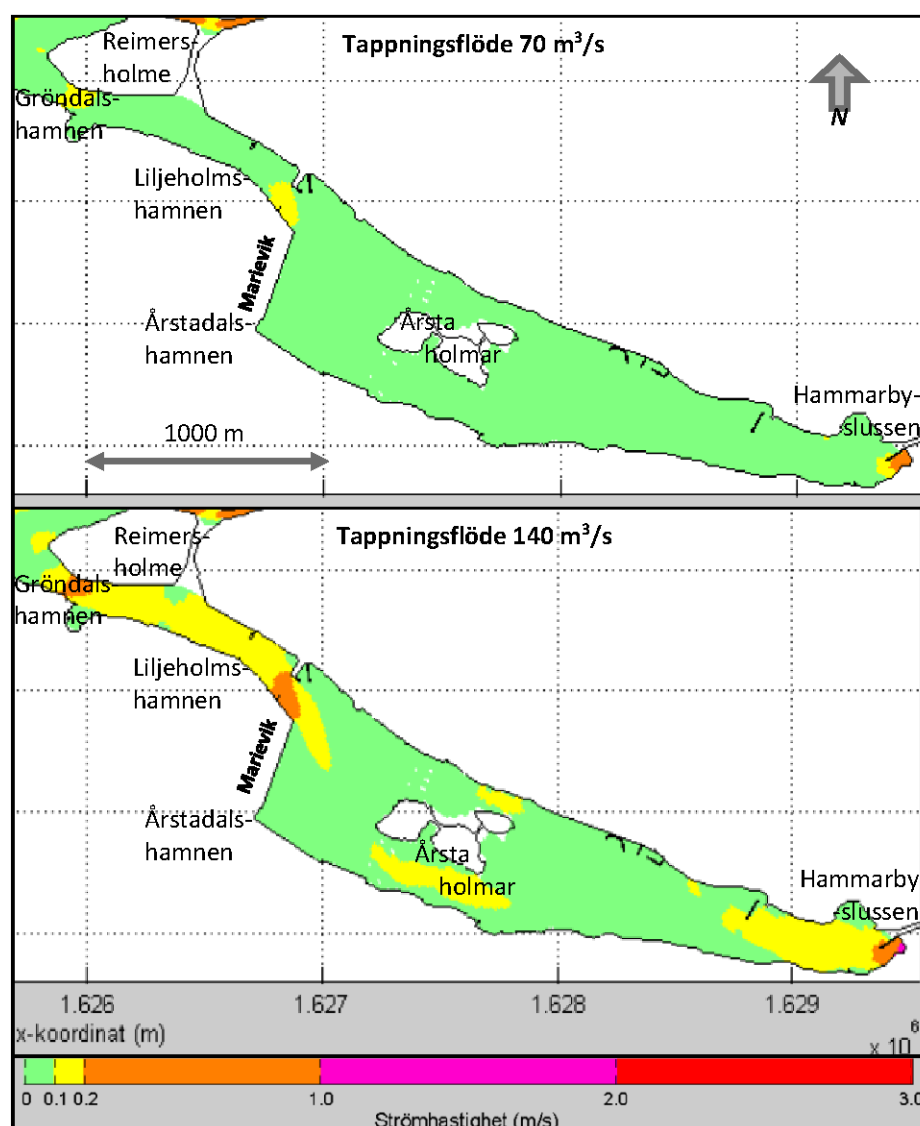
2.1.1 Strömhastigheter

Hammarbyslussen ingår som en del av Mälarens reglering och periodvis sker tappning via Hammarbyslussen och intilliggande kulvert.

Beräkningar av strömhastigheter i Hammarbyleden, vid olika tappningsfall, har gjorts av SMHI. Västra delen av Hammarbyleden från Liljeholmsviken till och med Årstaviken fram till Hammarbyslussen visar att vid tappning 70 m³/s är strömhastigheterna, enligt figuren nedan, lägre än 0,2 knop i hela området utom vid förträngningarna vid Liljeholmsbroarna och Gröndalshamnen samt vid inloppet till Hammarbyslussen. Vid tappning 140 m³/s blir strömhastigheterna omkring 0,4 knop vid dessa förträngningar och omkring 0,2 – 0,3 knop i hela Liljeholmsviken, vid sunden kring Årsta holmar och uppströms Hammarbyslussen (SMHI, 2012).

Beräkningarna för Liljeholmsviken och Årstaviken är utförda med en Delft3D-modell² och bedöms, med undantag av området närmast inloppet till Hammarbyslussen, vara tillräckligt noggranna för uppskattning av sjöfartspåverkandeströmhastigheter i området.

² Det hydrostatiska modellverktyget Delft3D (Flow) är ett väl beprövat modelleringsverktyg baserat på förenklade djupintegrerade Navier-Stokes ekvationer. Modellen kan därför inte exakt beskriva lokala strömningsfenomen där den vertikala accelerationen är betydelsefull. t.ex. i områden med hastiga ändringar av batymetri.



Figur 4. Utsnitt ur SMHIs beräkningar med Delft3D som visar uppskattade ytströmmar i Liljeholmsviken och Årstaviken. Figuren överst visar ett fall med tappningsflödet 70 m³/s och underst 140 m³/s genom Hammarbyslussen.

2.2

Fartygstrafik

Praktiskt taget alla fartyg som enligt Stockholms Hamnars statistik passerar Hammarbyslussen passerar även Marievik. Fartyg som seglar genom Hammarbyleden, förbi Marievik, domineras av mindre fartyg och de största begränsas främst av tillåtna dimensioner i Hammarbyslussen som är Stockholms Hamnars största sluss mellan Mälaren och Saltsjön. Fartygsstorleken har en avgörande betydelse för konsekvensomfattning gällande en eventuell påsegling av kajen i Marievik. Insamlad statistik från Stockholms Hamnar AB indikerar en fördelning av slusspassager uppdelat i yrkestrafik och fritidsbåtar enligt följande:

Tillgänglig statistik visar att antalet passager de senaste fem åren har haft relativt liten variation (totalen i höger kolumn).

Tabell 1. Statistik över antalet passager genom Hammarbyslussen – yrkestrafik (STH, 2013)

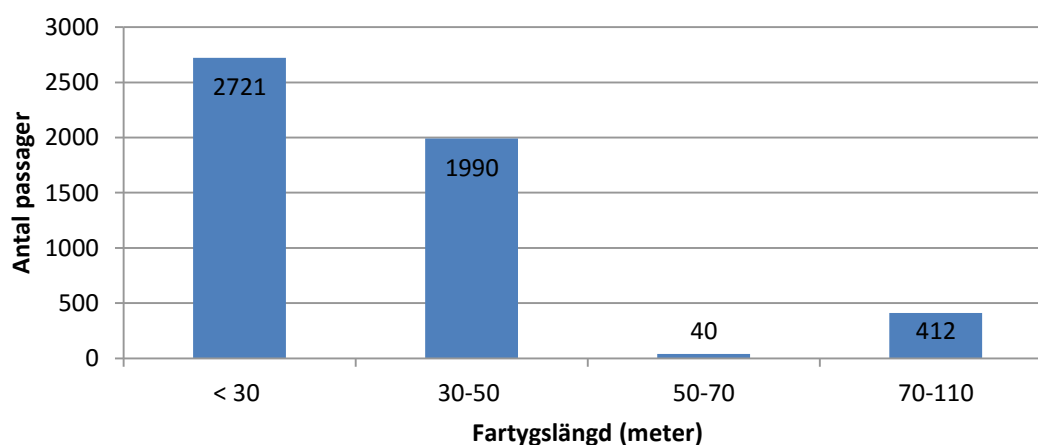
Yrkestrafik													
	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Totalt
2009	103	85	51	366	588	777	592	617	630	387	298	436	4930
2010	83	84	28	215	662	839	662	649	625	431	321	223	4822
2011	69	69	49	277	711	831	594	674	680	448	335	459	5196
2012	137	68	104	333	695	816	593	743	689	397	314	375	5264
2013	137	40	38	178	555	757	646	681	560	345	269		4206

Tabell 2. Statistik över antalet passager genom Hammarbyslussen – fritidsbåtar (STH, 2013)

Fritidsbåtar													
	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Totalt
2009	20	0	8	981	3277	5406	8651	5475	3130	1385	321	155	28809
2010	3	2	0	495	2771	5474	9160	4783	2500	1536	305	8	27037
2011	4	1	1	781	2626	5486	8355	4836	3107	1489	293	106	27085
2012	21	2	50	761	3105	4106	7272	4387	2610	1199	330	42	23885
2013	6	1	0	243	1943	4499	6702	4539	2955	1278	299		22465

2.2.1 Fartygsstorlek

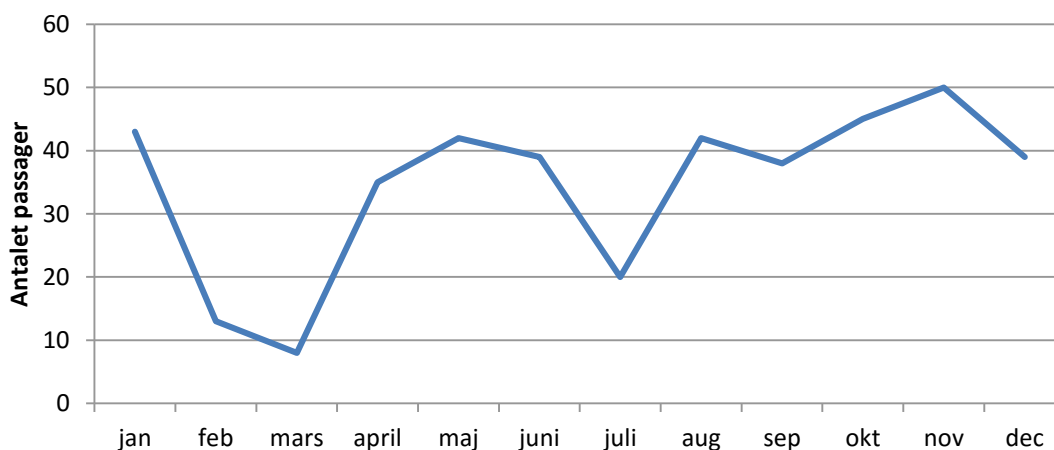
För att få en bild av vilken typ av fartyg som passerar Hammarbyslussen har en indelning gjorts för olika storlekar. Fokus ligger på yrkesfartyg då de flesta fartyg inom denna kategori av fartygstrafiken frekvent använder Hammarbyleden och de största fartygen i denna kategori väntas medföra störst konsekvens vid en eventuell påsegling.



Figur 5. Antal passager genom Hammarbyslussen med yrkestrafik under 2012. (STH, 2013)

Fartyg som är mindre än 30 meter i längd dominerade. Trafiken med längst fartyg utgör endast 8% av det totala antalet passager. Dessa 8% anses dimensionerande. Det är denna kategori fartyg som medför störst konsekvens vid eventuell påsegling av kaj vid Marievik.

De största fartygen trafikerar Hammarbyleden olika över året. Flest passager med fartyg 70-110 meter sker i november månad. Genomsnittet per dag är en passage³.



Figur 6. Antalet passager av stora fartyg över året (2012).

Jehander 1 är det fartyg som under 2012 passerade flest gånger genom Hammarbyslussen varför det får representera fartygstrafik som i nutid innefattas i kategorin 70-110 meter i Figur 5. Med sin längd på 75,2 meter och bredd på 8,6 meter (byggt 1970) transporterar det torrbulk (sand och grus) genom Hammarbyleden.

Det största fartyget som passerar Hammarbyslussen är Kaili: längd 100 meter, 4 500 dwt, displacement 4 800 m³ (3 passager under 2012).

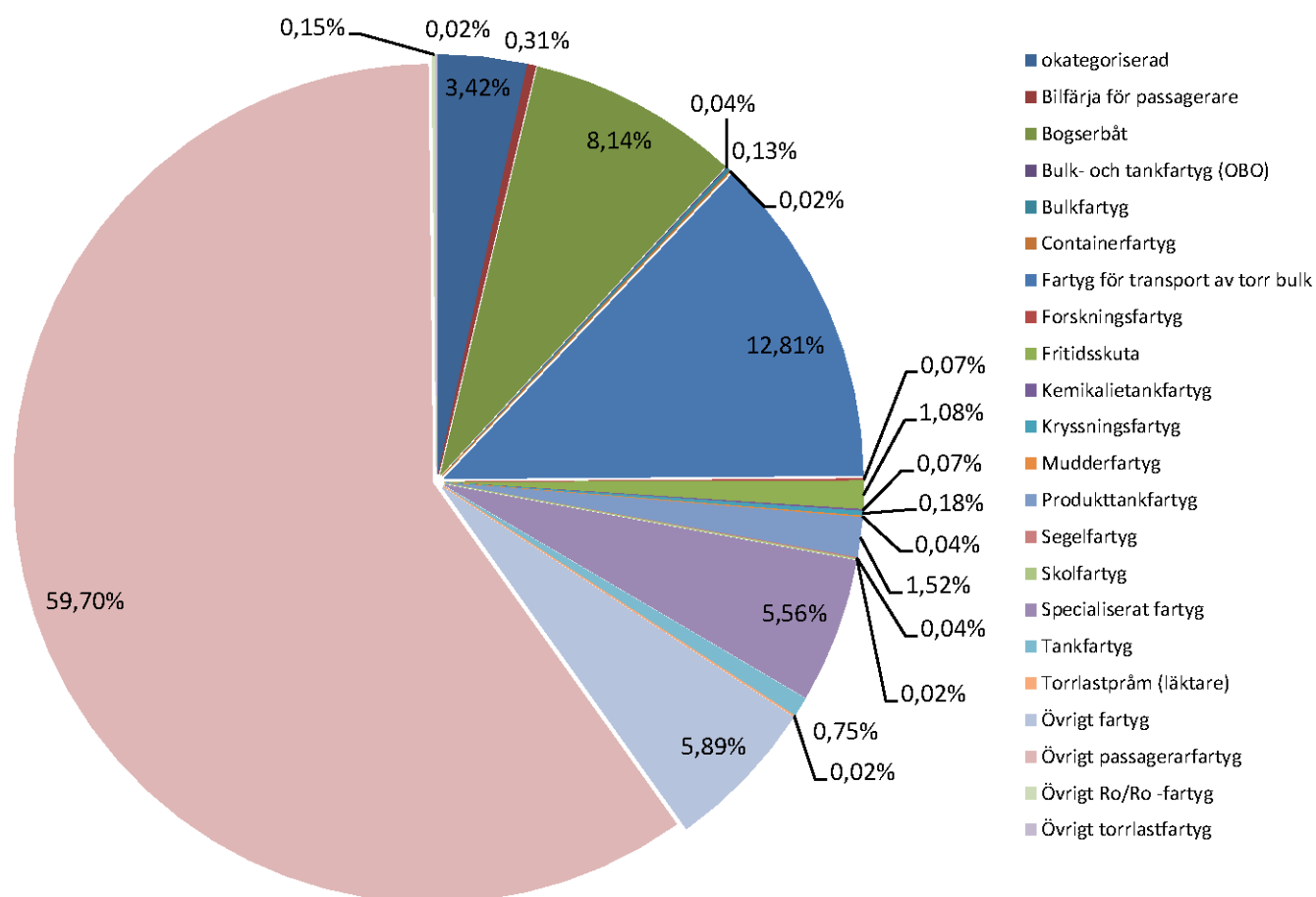


Figur 7. Till vänster: Jehander 1 på väg genom Hammarbyslussen. (Foto: Anders Winter) Till höger: Kaili.

³ Fördelat på 365 dagar.

2.2.2 Fartygskategorier

Insamlad statistik har även sammanställts med hänsyn till fartygskategorier. Diagrammet nedan visar tydligt att den dominerande fartygskategorin, med 60%, är "Övrigt passagerarfartyg". Därefter, i storleksordning kommer "Fartyg för transport av torr bulk", 13%, och "Bogserbåt", 8%.



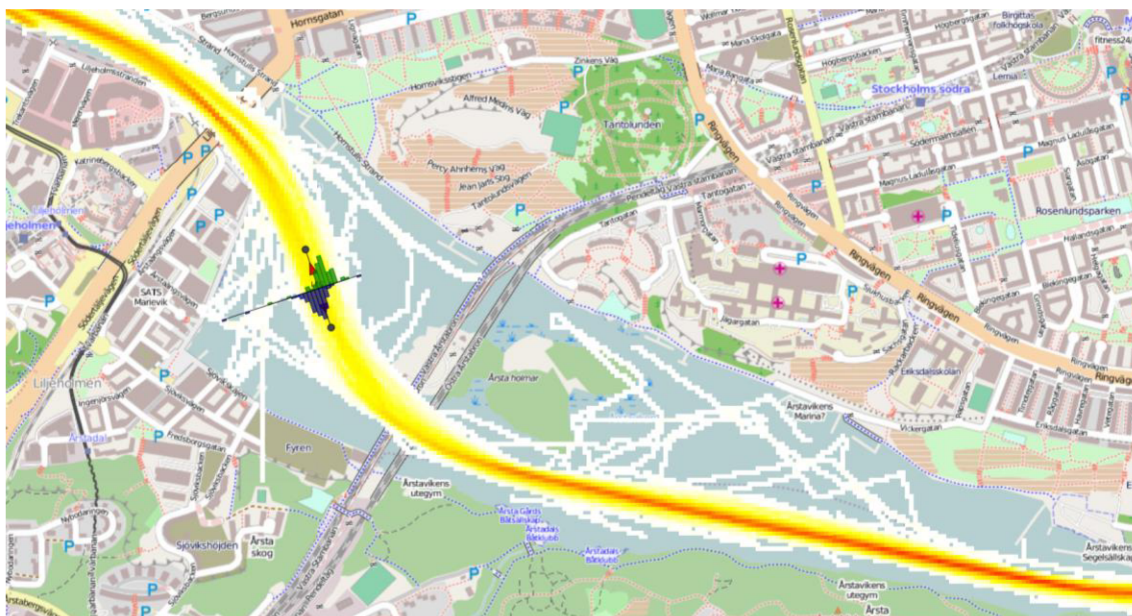
Figur 8. Sammanställning av fartygskategorier baserat på fartygspassager genom Hammarbyleden 2013. (STH, 2013)

2.3

AIS-data

AIS-data för tidsperioden 2010-08-01 - 2011-07-31 har använts för att extrahera ut relevant information om fartygstrafiken. För att illustrera trafikmönstret i farleden sammanställs en så kallad densitetsplott (figuren nedan). Densitetsplotten baseras på AIS-data och de röda linjerna indikerar områden där trafik är som tätast medan de gula och vita visar glesare trafik.

Av det inritade histogrammet, som indikerar fördelningen av fartyg i respektive riktning, framgår att "högertrafik" tillämpas och att inåt- respektive utåtgående trafik separeras i olika spår vid passage av Marievik.



Figur 9. Densitetsplott från IWRAP⁴ för södra farleden. Baserat på AIS-data (SSPA, 2012).

Framtidens sjötrafik

- 2.4 Statistiken indikerar att antalet passager genom Hammarbyslussen ligger på i genomsnitt 4 900 passager för yrkestrafik och 26 000 passager för fritidsbåtar mellan 2009 och 2013. Variationen de senaste åren har inte varit stor men ombyggnationer tros kunna påverka framtida trafik. Den nya Slussen i Söderström (med byggstart 2014 och färdig 2020), ska förutom skydd mot översvämningar och inträngning av saltvatten i Mälaren, även t.ex. ha fem gånger större tappningskapacitet och tappningskapaciteten i Hammarbyslussen, mellan Saltsjön och Mälaren kommer att fördubblas (MSB, 2013). Under en stor del av ombyggnadsperioden av Slussen kommer Karl Johanslussen i Söderström att vara avstängd vilket innebär att fritidsbåtar och mindre yrkesfartyg som idag trafikerar denna väg också kommer att hänvisas till Hammarbyleden.

Sverige införde EUs regelverk den 16 december 2014 gällande inlandssjöfart (inland waterways) och bland annat Mälaren är klassad som en viktig, inre vattenväg (Transportstyrelsen, 2015), varför trafiken i farleden förbi Marievik kan påverkas något.

⁴ IWRAP – IALA Waterway Risk Assessment Program, internationellt etablerat verktyg för beräkning av kollisionssannolikheter i farleder.

Planerade förändringar för byggnader i Marievik

Detaljplanerna för fastigheterna i planområdet har tidigare angett användning kontors- och industriändamål men Stadsbyggnadskontoret beslutade i april 2013 om en komplettering av tidigare startpromemoria för upprättande av bostadsfastigheter.

- 2.5 Området är bebyggt med kontorsbyggnader som i huvudsak uppförts mellan 1980- och 2000-talet. Flera av fastigheterna berörs av om- och tillbyggnation för att bygga nya bostadsfastigheter. I figuren nedan ges en överblick över de fastigheter som är belägna närmast kajen inom Marievik, sett från öster.



Figur 10. Marievikskajen - från öster. Gult: inre delen av kajen, orange: mellersta delen av kajen, rött: yttre delen av kajen.

I fortsatt analys delas kajen in enligt följande: i en inre del, en mellersta del samt en yttre del.

2.5.1 Inre delen av kajen

Fastigheterna Marievik 24 och 25 (andra och tredje fastigheten från vänster) som ligger närmast kajen berörs av ombyggnationsprojektet och byggs på med två våningar kontor. I fortsatt analys tillhör dessa byggnader den inre delen av kajen som är cirka 100 meter.

2.5.2 Mellersta delen av kajen

Den mellersta delen av kajen omfattar Marievik 28 och Marievik 23, samt en planerad park och en brygga, fortsättningsvis kallad "Brygga". För befintliga fastigheter vid den mellersta delen av Marievikskajen finns inte en bakåtförankring mellan kaj och byggnader innanför kajen.

2.5.3 Yttre delen av kajen

Fastigheten längst till höger är det befintliga Marievik 15 och består idag av flera kontorshus varav det högsta längst ut på udden är 12 våningar hög. Byggnaderna binds samman genom en lägre tvåvåningsbyggnad. De 40 000 m² befintliga kontorslokalerna, ska rivas och istället finns planer på att upprätta flera bostadshus. Befintligt hus vid Marievik 15 omfattas inte av några bestämmelser gällande risk för påsegling i dagsläget men kräver en dimensionering för påseglingsrisk vid ny bebyggelse.

2.5.3.1 Föreslagen bebyggelse på M15

Det nya Marievik 15 kommer att bestå av flera byggnader (se Figur 1), varav T6 och T7 är belägna närmast kajen. En brygga planeras även framför Marievik 15, fortsättningsvis kallad "Brygga 2", samt en konsolbrygga längs den nordöstra kajen, väster om Marievik kajens norra hörn. Byggnaderna planeras vara mellan 12 pch 43 våningar. Högst planeras ett torn på 118 meter. Bostadshusen kommer att byggas med fasaderna cirka 9 meter innanför kajkanten.



Figur 11. Situationsplan över bottenvåning - Marievik 15. (Brunnberg&Forshed Arkitektkontor AB, 2015)

För Marievik 15 kommer fasaden att ligga 10 meter från kajkanten med en huskropp av 21,5 meters djup, samt med en 8 meters bärande kärna i mitten (25 meter från kajkanten). Trapphus förläggs 6 meter innanför fasaden och bottenplanet från 0 – 9 meters höjd blir ett restaurant-plan med en 9 meter hög hörnpelare. Byggnadens totala höjd planeras enligt ansökan kunna bli upptill 118 meter. Planförslagets situationsplan för Marievik 15 visas i Figur 11 ovan.

Idag har befintliga byggnader på Marievik 15 bakåtförankringar mellan kaj och fastighet. I samband med nybyggnation på Marievik 15 planeras renovering och omkonstruktion av kaj.

Marievikskajen som helhet

Längs Marievikskajen kommer det således att totalt finnas fem⁵ byggnader samt en offentlig park och två planerade bryggor: en längs den mellersta delen av kajen och en framför Marievik 15, yttre delen av kajen (se Figur 1). I områdets norra ände, vinkelrät från yttre delen av kajen, planeras en brygga längs vattnet.

Kajkanten längs Marievik är belägen cirka 9 meter från nuvarande husfasad och kantas av strandpromenader/kajstråk. Kajlängden för hela Marievikskajen uppgår till ungefär 400 meter. Brygganläggningen på kajens mellersta del tar idag cirka 60 meter i anspråk och kommer att förlängas något med däck ut i vattnet.

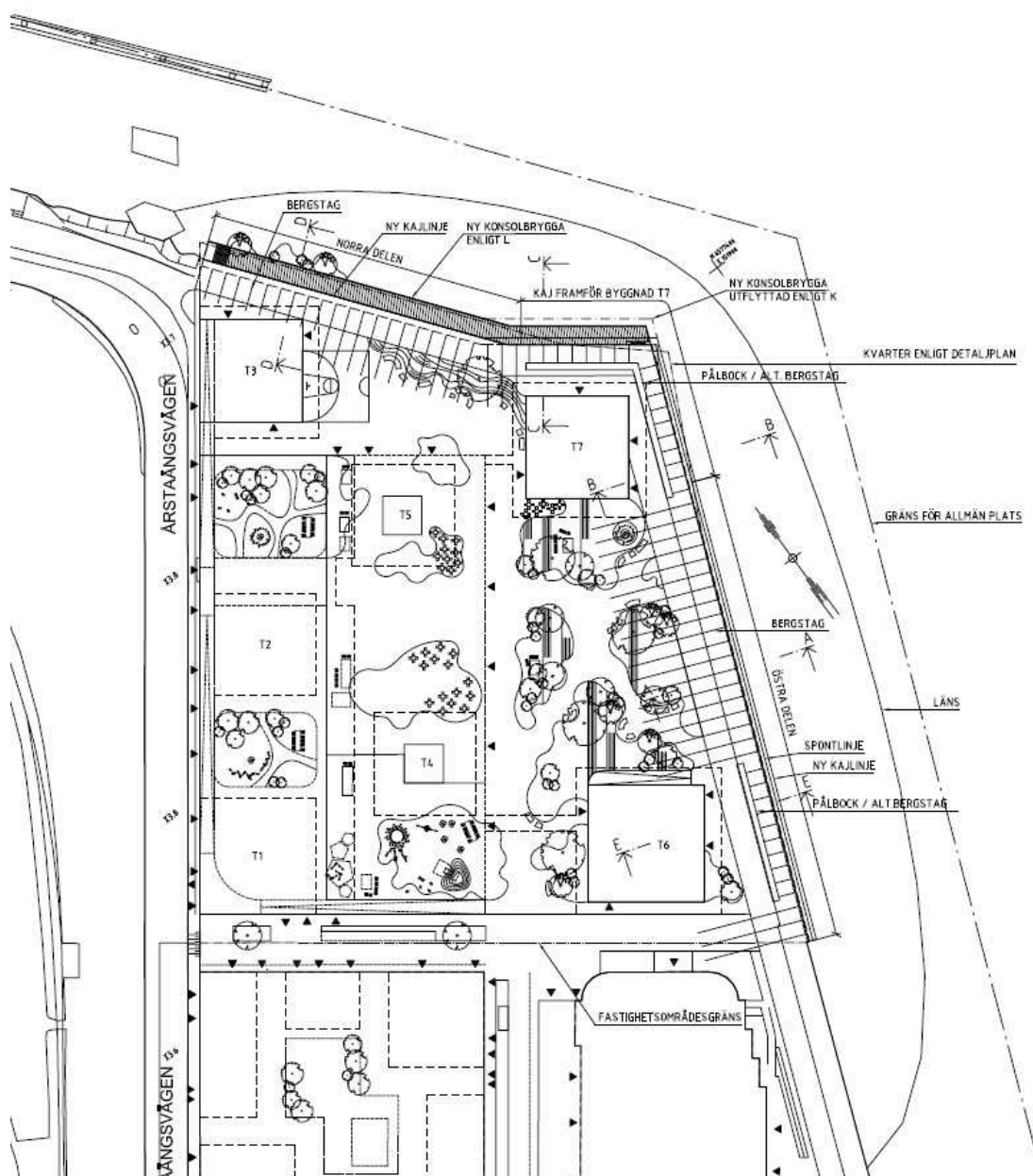
Vid ombyggnation ska kajerna ge möjlighet till bryggor för olika ändamål som allmänheten ska kunna ta del av. Kajen ska även kunna kompletteras med både utkragande träbrygga nedanför kajen (cirka 1,25 meter) och flytbryggor.

Figur 12 illustrerar Marievikskajens norra hörn där strandpromenaden är som smalast (cirka 7 meter), samt den planerade konsolbryggan längs byggnad T7 i riktning mot Liljeholmsbroarna.

En överblick av kajen i dagsläget antyder om att det främst är yttre delen av kajen som har en påseglingsrisk som en följd av farledens utformning och typ av fartyg. Då ombyggnation av Marievik 15 medför bostadsfastigheter kan en påsegling få större konsekvenser.

Övriga fastigheter längs Marievikskajen och deras ombyggnation medför marginella ändringar, dock ingen förhöjd påseglingsrisk.

⁵ M24, M25, M23, M15 (främst T6 och T7)



Figur 12. Marievik 15, med föreslagen konsolbrygga i riktning mot Liljeholmsbroarna.

3 Riskidentifiering

Riskidentifiering kartlägger potentiella risker utan att i detalj gå in på bakomliggande orsakssammanhang. Det är dock viktigt att inte förbigå även tillsynes små risker som kan vara relevanta för att få en god helhetsbedömning av påseglingsrisken.

Ett antal möjliga olycksscenarier identifieras i detta kapitel för vidare riskbedömning. Riskidentifieringen kallas också HAZID (Hazard Identification) och metoden syftar till att skapa en översikt av tänkbara olycksscenarier utifrån en given verksamhetsbeskrivning.

Historiska incidenter

3.1 Olyckor genom plötsliga tekniska fel eller felmanövrar vid passage av kanaler och hamnbassänger i skyddade vatten är relativt ovanliga. Enligt Transportstyrelsens statistik (till år 2012) har inga kajer påseglats av passerande fartyg i farlederna i eller till Stockholms hamn, däremot har kajer seglats på i samband med tilläggning.

En spektakulär påsegling inträffade år 2000 vid Nacka strand, nära Milles skulptur Himmelsbågen.

Det finns ingen känd händelse där det inträffat någon specifik olycka gällande fartygpåsegling som allvarligt skadat bostadsfastigheter i Sverige. Internationellt finns det däremot flera kända fall. Exempelvis har det i New Orleans under åren 1983-1996 registrerats inte mindre än 50 stycken kajpåseglingar längs Mississippiflodens norra bank genom staden. Vid det mest uppmärksamade fallet 1996 seglade ett bulkfartyg in i en kaj (anledning: "black out") och raserade en stor del av ett bakomliggande butiks- och hotellkomplex, dock utan några dödsfall.

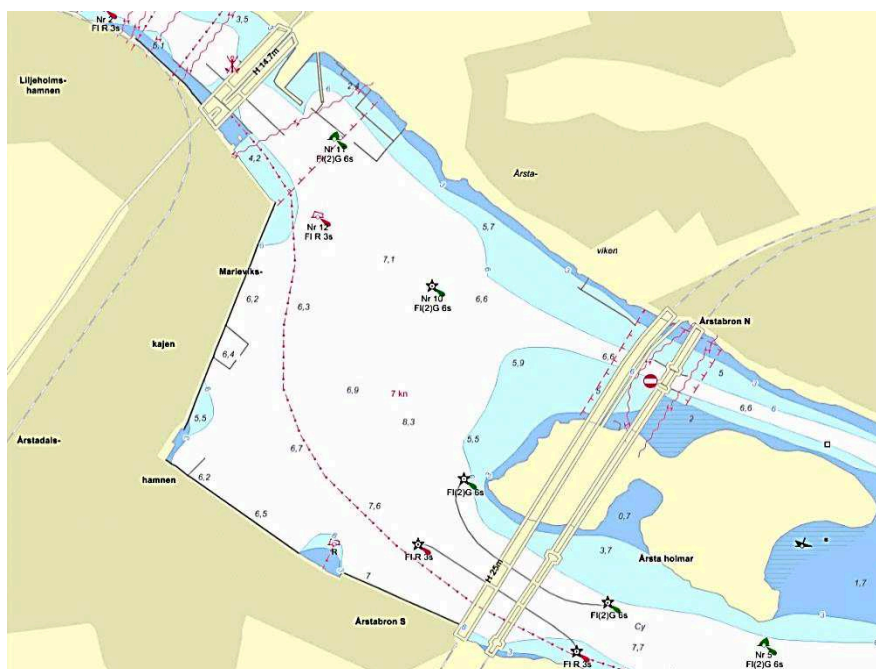
I augusti 2013 påseglades ett kontrolltorn av ett drivande fartyg i Genuas hamn i Italien varvid flera personer som befann sig i fastigheten omkom.

3.2

Identifierade möjliga olyckstyper för Marievik

3.2.1 Påsegling – möjliga scenarier

Olyckstyper och scenarier har identifierats där påsegling med fartyg skulle kunna tänkas leda till skador på kajanläggningarna, byggnaderna och boende i husen i det undersökta området av Marievik.



Figur 13. Sjökortsutdrag av farleden närmast Marievikskajen. (eniro.se)

Påsegling av kajanläggningarna och byggnaderna kan tänkas ske genom:

i) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje som innebär påseglingsskurs och som inte upptäcks och korrigeras eller inte kan korrigeras i tid. En sådan avvikelse kan tänkas orsakas av mänskliga misstag, tekniska fel och/eller yttre omständigheter såsom:

- a) Mänskliga misstag som innebär att styrbordsgiren från Västra Årstabron mot Liljeholmsbroarna misslyckas genom att den startas för sent, utförs med för litet roderutslag, vid för hög hastighet eller genom att rodret läggs åt fel håll.
- b) Tekniskt roderfel som innebär att styrbordsgiren från Västra Årstabron mot Liljeholmsbroarna misslyckas på grund av otillräckligt eller för långsamt roderutslag.
- c) Blackout, bortfall av framdrivning och propellerkraft vilket minskar roderverkan så att styrbordsgiren från Västra Årstabron mot Liljeholmsbroarna misslyckas.
- d) Oväntat möte med väjningsmanöver eller kollision med annat fartyg
- e) Felnavigering - felaktig uppfattning om fartygets position eller kurs orsakad av mörker eller begränsad sikt.
- f) Felnavigering – felaktig uppfattning om fartygets position eller kurs orsakad av bländande ljus eller förväxlingsbara ljuskällor på kaj eller byggnad.
- g) Bankeffekter eller girmoment vid möte.
- h) Begränsad manöverförmåga orsakad av is

- i) Påverkan av extrem strömsättning.
- j) Påverkan av extrema vindförhållanden.
- k) Olyckshändelser relaterade till lasten ombord.

Eller genom:

ii) **Oönskad gir till påseglingsskurs** mot Marievikskajen vid passage av kajen från Västra Årstabron eller från Liljeholmsbroarna. En sådan gir kan tänkas orsakas av tekniska fel såsom:

- l) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- m) Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Alternativt genom:

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

- n) Blackout, bortfall av framdrivning och kraftförsörjning ombord.
- o) Brott på bogsertross till bogserat fartyg eller pråm.

Olyckstyper prioriterade för vidare analys

3.3

Eftersom det är känt att mänskliga fel är vanligare orsaker till fartygsolyckor än tekniska fel, är risker för oavsiktliga avvikelser från önskad passagelinje (i) orsakade av mänskliga misstag också av intresse för fortsatt analys. Oavsiktliga avvikelser från önskad passagelinje kan även påverkas av, eller uppstå till följd av, tekniska fel eller yttre omständigheter.

Av de listade, möjliga orsakerna bedöms vissa vara mer sannolika än övriga och därmed rekommenderas de för vidare riskanalys;

i-a) Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.

i-b) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt roderfel. **i-c)** Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.

i-d) Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.

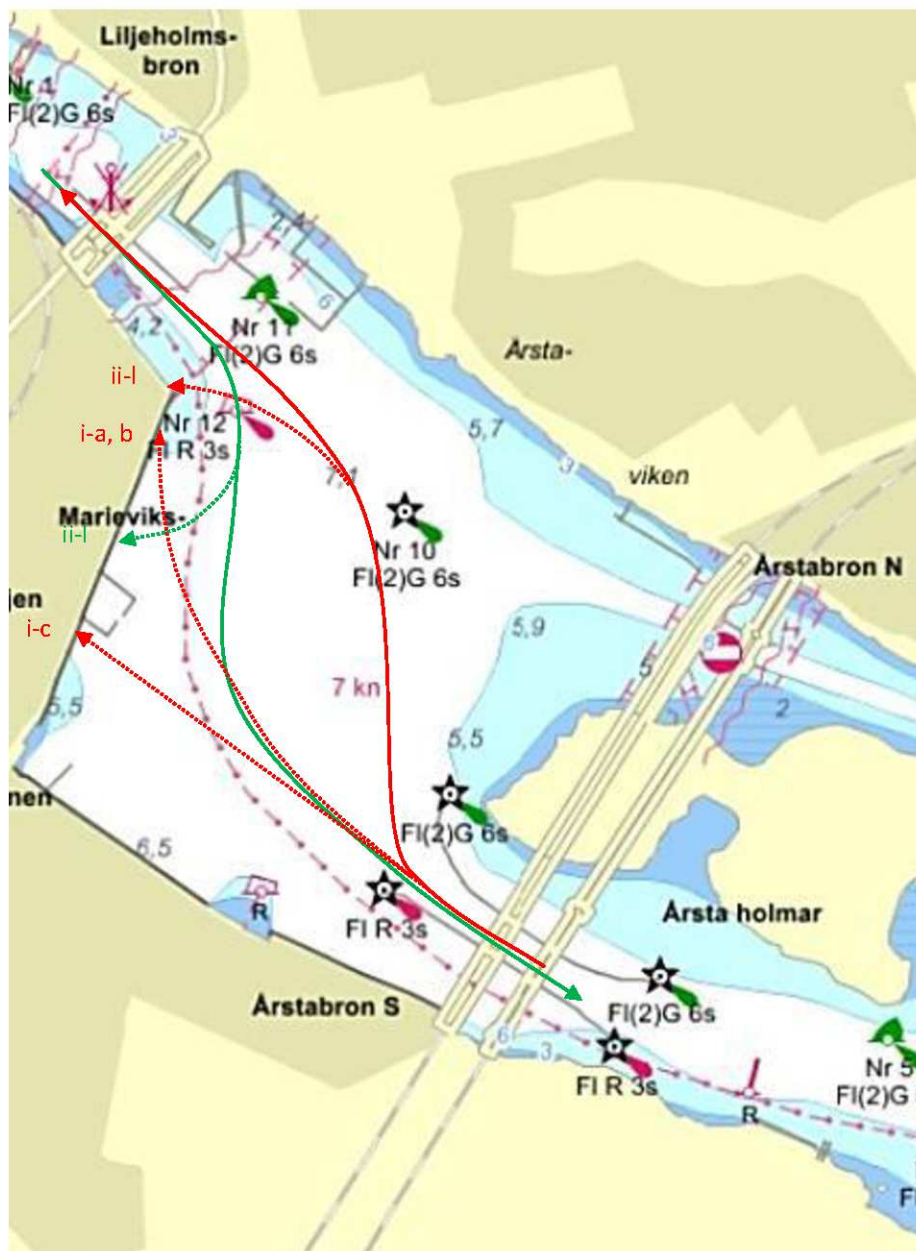
Av de tidigare identifierade olyckstyperna gällande risker förenade med oönskad påseglingssgir orsakad av tekniska fel har följande bedömts relevanta för fortsatt analys. De har valts ut baserat på att de kan innebära påsegling i relativt hög fart och få betydande konsekvenser.

ii-l) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.

ii-m) Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Identifierade risker, rekommenderade för vidare analys, kan sammanfattas i två olyckstyper:

- Oönskad påseglingssgir orsakad av roderfel/bortfall av styrfunktion.
- Misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel.



Figur 14. Sjökortsutdrag över farleden vid Marievik med inritade, möjliga olycksscenario. Röd, heldragen pil visar normal fartygstrafik i riktning från Hammarbyslussen medan de punkterade, röda pilarna visar potentiella påseglingssrisker. Motsvarande gäller för fartygstrafik mot Hammarbyslussen som är markerad med grön färg.

Fartyg som passerar Marievik när de kommer från Hammarbyslussen i den södra farleden gör en styrbordsgir strax efter Årstabroarna, rätar upp fartyget, varpå en

babordsgir görs för att sedan lägga sig på en rak kurs mot passagespannet i Liljeholmsbroarna (röd, heldragen pil i figuren ovan). I kröken av södra farleden har fartyg i denna passageriktning en påseglingkurs med stävriktningen mot Marievikskajen och under giren ändras kursvinkeln successivt längs kajen ut mot kajhörnet. Om giren misslyckas så att den verkliga passagelinjen hamnar väster om den tänkta passagelinjen kan påseglingsscenarier mot Marievikskajen uppstå (punktad, röda pil i-c och i-a, i-b).

De är framför allt den mellersta delen av kajen samt Marievik 15 som exponeras för påseglingsrisk vid misslyckad styrbordsgir på grund av blackout eller mänskliga fel på väg från Hammarbyslussen. Sannolikheten för tekniska fel som ger maximalt roderutslag är avsevärt lägre än för blackout.

Passagen förbi Marievik i motsatt riktning (grön pil) är inte förenad med sträcka eller gir där stävriktningen pekar mot Marievikskajen varför det inte föreligger motsvarande påseglingsrisker i detta fall. Ett möjligt scenario i denna färdriktning är dock att det, när fartyget ska gira efter Liljeholmsbroarna, kan uppstå låsning av rodret vilket kan leda till fortsatt gir in i Marievikskajen (punktad, grön pil).

Mindre fritidsbåtar som nyttjar den norra farleden påverkar inte heller påseglingsrisken, oavsett riktning, för Marievik.

3.4 Övriga olyckstyper

För de övriga listade möjliga orsakerna kan noteras att:

i-e) Felnavigering på grund av mörker eller dålig sikt – Avstånden är små och det finns gott om upplysta objekt som ger visuella referenser även i begränsad sikt och alla fartyg har radar, GPS och andra hjälpmedel för att underlätta säker navigering i dålig sikt och mörker.

i-f) Felnavigering på grund av bländande ljus eller olämplig utformning av ljuskällor – Det är av vikt att det vid nybyggnationen, Marievik 15, inte placeras belysning som kan påverka navigeringsförutsättningarna. Sjöfartsverket är lämplig remissinstans i sådana ärenden och bör konsulteras.

i-g) Bankeffekter eller girmoment vid möte – Vid möte med små klarningar mellan fartygssidorna kan girmoment uppstå så att fartyget kan få en påseglingkurs. Det förutsätts dock att möten mellan stora fartyg undviks i trånga partier i området.

i-h) Is – bruten is kan förekomma i Hammarbyleden. Isen bidrar inte till att föra fartyg ur kurs men kan eventuellt öka girradien. Isen kan också bromsa upp oönskad rörelse i riktning mot kajen.

i-i) Ström - strömmen i området är svag och i allmänhet riktad antingen med eller mot fartygens färdriktning och bidrar därmed inte till girmoment som vill bringa fartygen ur kurs.

i-j) Vind – hård sidvind och låg fart ger stora driftvinklar. Området är dock relativt välskyddad från vind genom lägivande byggnader och omgivande terränghöjder. Vindens stryklängd är för kort för att generera vågor.

i-k) Last – transport av farligt gods genom Hammarbyleden bedöms vara liten. Baserat på sammanställd statistik i avsnitt 2.2.2 *Fartygskategorier* är de fartygskategorier som kan transportera farligt gods begränsade till bulk- och tankfartyg, kemikalietankfartyg, produkttankerfartyg och tankfartyg. Sammanlagt utgör dessa endast 2% av alla passager under 2013. Brand i fartyg med last av farligt gods, utsläpp av farliga ämnen eller förskjutning av lasten skulle kunna tänkas ge kursavvikelser på dessa fartyg, är scenarier som skulle kunna medföra fara för personer som vistas på kajen eller i närbelägna fastigheter. Risken för lastförskjutningar är dock liten i skärgårdsfarvatten som detta utan sjögång. Kända typer av farligt gods i Hammarbyleden är främst dieselbrännolja (brandfarlighetsklass 3) men det är inte känt om andra slag av farligt gods också förekommer. Kvantitet och transportfrekvens av andra eventuella slag av farligt gods bedöms dock vara mycket begränsade och inte medföra risker för personer på kajer eller i närbelägna byggnader.

iii-n) Drivande fartyg som en följd av blackout - beträffande risker för att drivande fartyg skall driva mot och skada kajanläggningar och byggnader kan noteras att blackout bedöms vara relativt sannolikt enligt i-b). Däremot bedöms konsekvenserna, och därmed även den sammanvägda risken, av en kontakt med ett drivande fartyg vara betydligt mindre allvarliga för personer i byggnaderna i Marievik än vid en påsegling med framdriftsmaskinen igång och då fartygets stäv riktas mot kajen/byggnaderna.

iii-o) Drivande bogsersläp - Då ett bogserat fartyg eller en pråm tappas, driver den med sidan i riktning mot kajanläggningarna och konsekvenserna kan också förväntas bli små jämfört med påsegling med fören. Av dessa skäl är inte drivande fartyg (iii) föremål för vidare analys.

4 Risk – terminologi och definitioner

Några risktermer

Vid riskbedömningar och analyser används ett flertal ord och specialtermer med särskild betydelse. Definitionerna nedan är delvis hämtade från (SRV, 1997).

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

Risikkälla, 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 till exempel att ett större antal olyckor med mindre konsekvenser föredras framför ett fåtal olyckor med stora konsekvenser, även om det totala utfallet (exempelvis i form av antal omkomna) är det samma i de två fallen.

Riskbedömning innebär en uppskattning av frekvens/sannolikhet för en viss skadehändelse samt allvarlighetsgraden av denna skadehändelse.

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

Riskacceptanskriterier definierar gränsvärden mellan oacceptabla och acceptabla risker och kan tillämpas vid riskvärderingsfasen av resultat från kvantitativa riskanalyser.

ALARP (As Low As Reasonable Possible) betecknar ett område mellan oacceptabla och acceptabla risker där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna.

Skadebegränsande åtgärder är 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 organisatoriska, tekniska och operativa åtgärder som minskar sannolikheten för skadehändelser.

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

Platsspecifik individrisk, risk att omkomma oavsett om någon finns på platsen eller ej.

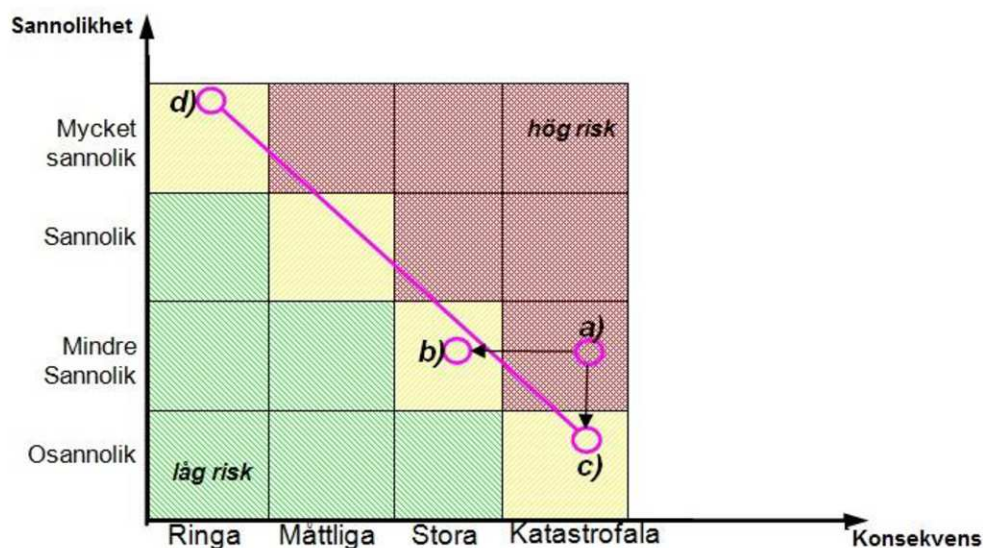
Individspecifik risk, beräknas utifrån hur lång tid individen befinner sig på platsen.

Samhällsrisk - 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. Samhällsrisk kvantifieras ofta med hjälp av s.k. FN-kurvor som anger samband mellan olycksfrekvenser och ackumulerade konsekvenser i form av antal omkomna. Ofta avses risker för allmänheten.

Riskbegreppet

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

I de flesta fall då risker i samhället analyseras på ett strukturerat sätt är utgångspunkten att risk är ett uttryck för en sammanvägd värdering av *sannolikheten* för och *konsekvenserna* av en oönskad händelse. En brand eller annan skada i ett bostadshus är en oönskad händelse som ofta är förenad med skador eller dödsfall på människor, stora materiella skador och även miljöskador. Om risken betraktas som en produkt av sannolikheten för att en brand eller annan olycka inträffar och konsekvenserna av olyckan, kan ett antal olika olycksscenarioer analyseras och grafiskt representeras av punkter i en riskmatris enligt figuren nedan.



Figur 15. Exempel på riskmatris.

Riskmatrisen kan på ett enkelt sätt visualisera resultat från en grov (eller preliminär) riskanalys, och kan ses som en metod att identifiera, rangordna och eventuellt eliminera uppenbara riskkällor i ett tidigt projektstadium.

Diagonallinjen från övre vänstra till nedre högra hörnet representerar en risknivå och olycksscenarier som ligger på linjen kan sägas ha samma risk. Om ringen markerad med a) i matrisen representerar risken för en viss typ av olycka, exempelvis en brand, skulle effektiva konsekvensreducerande brandskyddsåtgärder tänkas förskjuta risken till markeringen b) så att olyckstypen därmed är förenad med lägre risk. Rent preventiva olycksförebyggande åtgärder och insatser riktade mot brandolyckor skulle innebära att punkten flyttas nedåt. Olika typer av olyckshändelser, som vid en analys bedöms ligga på samma risknivå, definierad av en diagonal enligt figuren ovan, kan innebära att enstaka människor omkommer vid ett flertal olyckstillfällen (punkt d), medan punkt c) representerar en olyckstyp med flera dödsfall vid enstaka olyckstillfällen.

Det bör också noteras att, även om punkterna d) och c) på lång sikt representerar lika många dödsfall per år, så finns i samhället en aversion mot olyckor med svåra konsekvenser, det vill säga det kan vara lättare att tolerera olyckor som representeras av punkt d) än av punkt c).

Sannolikheten för en viss oönskad händelse, exempelvis en påsegling av kajanläggning och närliggande byggnader kan anges som en förväntad frekvens per år eller omräknas till en förväntad returperiod, det vill säga det antal år som statistiskt kan förväntas mellan upprepade olyckstillfällen. *Låg olycksfrekvens* motsvaras alltså av en *lång returperiod* och är därmed förenad med *låg risk*.

Svårighetsgraden av olyckans konsekvenser kan i detta fall anges som antal skadade eller dödsfall per olyckstillfälle vilket i kombination med olyckssannolikheten kan användas för att kvantifiera risken med olika mätetal. Två typer av mätetal som ofta används är individrisk respektive samhällsrisk.

Individrisken (platsspecifik) anger sannolikheten per år att en hypotetisk person förolyckas då denna kontinuerligt vistas på en viss plats i närheten av ett riskobjekt. Risken att omkomma påverkas även av vilken riskexponering en individ utsetts för och för att belysa detta används ofta individspecifik risk, i vilken den platsspecifika risken reduceras i proportion till hur länge individen faktiskt vistas i riskobjektets närhet.

Samhällsrisk, även kallad kollektivrisk, återger sannolikheten per år för att ett visst antal personer omkommer till följd av olyckor i den analyserade verksamheten. Samhällsrisk anger, till skillnad från individrisken, risk för en population och är viktig i många planeringsfrågor eftersom stora olyckor med många dödsoffer anses särskilt angelägna att undvika.

Acceptanskriterier

Med kvantifierade mätetal för risk kan riskvärderingen göras utifrån förutbestämda riskacceptanskriterier för individrisk respektive samhällsrisk. Vad som kan anses vara acceptabel risk kan inte entydigt avgöras av ett mätetal utan värderas ofta även utifrån vilken nytta som är förenad med verksamheten och vilka risker som finns med

- 4.3 alternativa lösningar. Ofta fokuseras riskvärdering kring olyckstyper som anses vara behäftade med oacceptabla risker och sådana som anses acceptabla. Detta mellanområde definieras ofta som *ALARP* (As Low As Reasonably Practicable) i vilket risker kan tolereras endast om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna. Transporter av farligt gods har sedan länge varit föremål för riskanalyser och metodik och ett flertal rekommendationer har publicerats av olika myndigheter. Det finns dock inga formellt reglerade acceptanskriterier för samhällets verksamhetsprövning i Sverige men utifrån praxis i vissa andra länder och inom vissa industrisektorer kan följande gränser för individrisken sägas utgöra etablerade riktlinjer:

Individrisk $> 10^{-5}$ per år, oacceptabel risk, verksamheter med dessa risknivåer tolereras ej

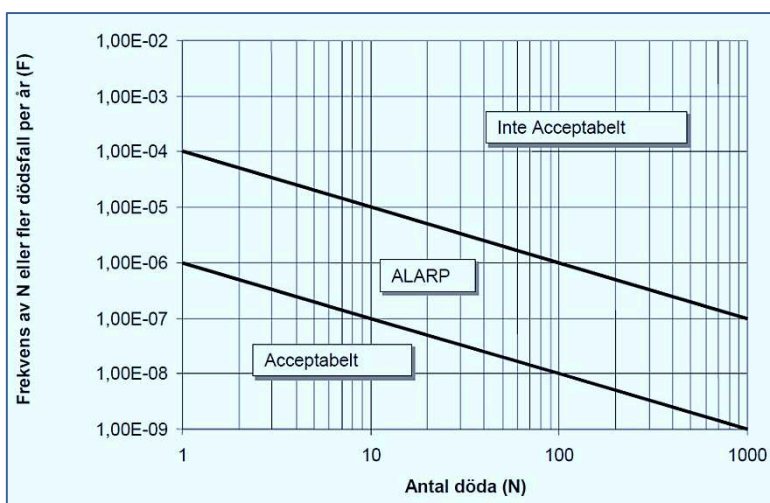
Individrisk $\leq 10^{-5} \geq 10^{-7}$ per år, ALARP risker som bör minimeras med praktiskt möjliga åtgärder

Individrisk $< 10^{-7}$ per år, låg risk, acceptabel nivå, påkallar i regel inga kompletterande åtgärder

I en riskmatris kan acceptanskriterier visualiseras av diagonaler mellan de olika färgfälten och på likande sätt är det möjligt att för samhällsrisk presentera acceptanskriterier grafiskt med diagonaler som definierar de tre områdena; oacceptabel, ALARP, acceptabel risk.

Samhällsrisk kvantifieras ofta med hjälp av så kallade FN-kurvor som anger samband mellan olycksfrekvenser och ackumulerade konsekvenser i form av antal omkomna. FN-kurvan anger samband mellan sannolikhet för olika olyckstyper och det ackumulerade antalet omkomna vid dessa olyckor.

Figuren nedan visar ett schematiskt FN-diagram där acceptanskriterier, som delar in området i tre zoner, inritats som diagonaler. De logaritmiska skalorna får i detta fall lutningen -1.



Figur 16. Exempel på acceptanskriterier för samhällsrisk.

Figuren ovan visar ett fall där de två gränsnivåerna för sannolikhet vid 1 dödsfall per olycka anges av:

$> 10^{-4}$ per år, oacceptabel risk, verksamheter med dessa risknivåer tolereras ej
 $\leq 10^{-4} \leq 10^{-6}$ per år, ALARP risker som bör minimeras med praktiskt möjliga åtgärder
 $< 10^{-6}$ per år, låg risk, acceptabel nivå, påkallar i regel inga kompletterande åtgärder

Dessa gränser har föreslagits i Sverige för värdering av samhällsrisk vid transport av farligt gods (SKL, 2012).

Vissa riskvärderingssituationer, liksom människors subjektiva uppfattning om acceptabla risker, baseras på en ambition att undvika stora olyckor med många dödsoffer medan det kan vara lättare att acceptera mer frekventa olyckor med enstaka dödsfall. I FN-kurvor, som den på föregående sida, kan denna aversion mot stora olyckor representeras av acceptanskriterier med brantare lutning, exempelvis -2.

I denna studie är det främst de olycksscenarier som identifierats i kapitel 3.3 som anses utgöra påseglingrisk för de planerade bostadshusen i Marievik 15 då ett passerande fartyg som girar till en kurs så att kajanläggningar och byggnader kan påseglas och skadas. Av särskilt intresse är sannolikheten för att byggnaderna med bostäder skall kunna skadas och samhörande konsekvenser i form av skador och omkomna.

För de här aktuella olycksriskerna för bostadshus finns inga etablerade acceptanskriterier i Sverige. Olycksscenarier med katastrofala konsekvenser, exempelvis att ett högt bostadshus helt kollapsar på grund av påsegling, kan i detta fall ses som ett exempel med hög riskaversion som inte kan accepteras även om sannolikheten är ytterst låg.

5 Riskanalys

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

I föregående kapitel prioriterades olyckstyperna:

i-a) Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.

i-b) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt roderfel.

i-c) Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.

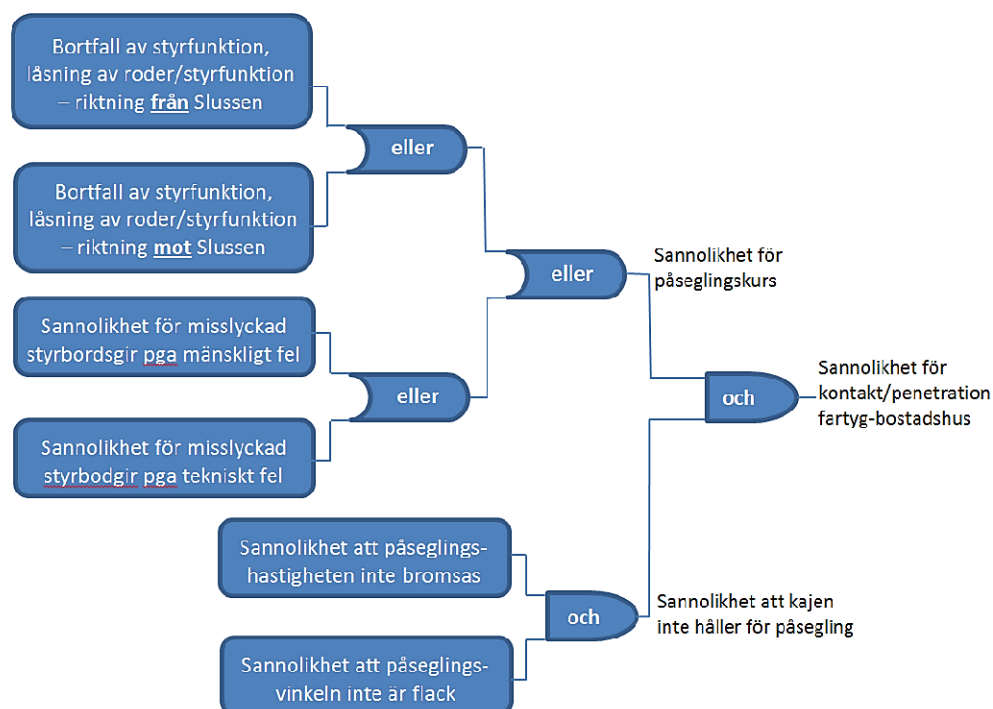
i-d) Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.

ii-l) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.

ii-m) Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

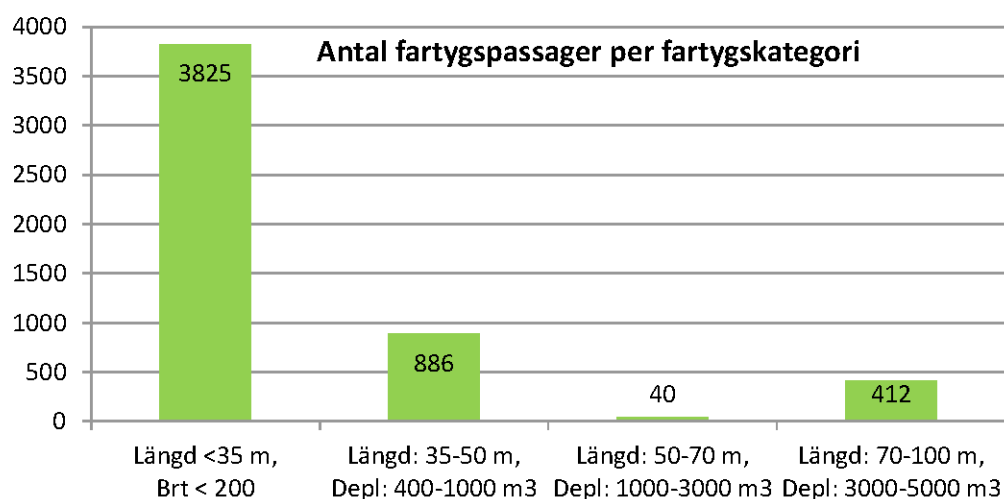
Villkoren för dessa olyckstyper/risker kan ställas upp i ett förenklat, schematiskt felträd för vidare riskanalys. Villkoren i felträdet i Figur 17 innebär att sannolikheten för sluthändelsen "kontakt/penetration mellan fartyg och byggnader" är en *produkt* (villkorssymbolen "och") av sannolikheterna för att kajen inte stoppar fartyget och att ett fartyg har påseglingsskurs. Påseglingssannolikheten är i sin tur *summan* av de två sannolikheterna som anges till vänster om villkorssymbolerna märkta "eller". Sannolikheten att kajen inte håller bestäms, förutom av kajens dimensionering, främst av fartygets hastighet, dess displacement och påseglingsvinkeln och illustreras i felträdet av ett "och"-villkor.

Resultatet av beräkning med hjälp av ett felträd ger sannolikheten för en viss typ av påseglingsolycka och kvantifieras numeriskt av en förväntad frekvens per år eller omräknas till en förväntad returperiod, det vill säga det antal år som statistiskt kan förväntas mellan upprepade olyckstillfällen. Låg olycksfrekvens motsvaras alltså av en lång returperiod som båda därmed är förenade med låg risk.



Figur 17. Förenklat schematiskt felträd för sannolikheten av att byggnaderna påseglas.

För att förenkla riskbedömningarna delas fartygstrafiken in i olika storlekskategorier eftersom olika fartygsstorlekar ger olika krafter vid påsegling. Storleksindelningen görs i olika längdintervall med motsvarande displacementsintervall. Fartyg med en brutto mindre än 200 och fritidsbåtar utelämnas eftersom de inte bedöms utgöra någon fara jämfört med kategorier av större fartyg.



Figur 18. Antal fartygspassager genom Hammarbyslussen (2012) indelat i olika storleksklasser.

Sannolikheter för de respektive påseglingsscenarierna för de olika displacementsintervallen beräknas i följande kapitel jämte tillhörande påseglingshastigheter och -vinklar.

I de tre följande styckena beskrivs påseglingssannolikheten för den inre sydvästra delen (cirka 100 m) av Marievikskajen, den mellersta delen (cirka 200 m) och den yttersta kajdelen (cirka 100 m) med Marievik 15, i separata avsnitt för att underlätta överblick.

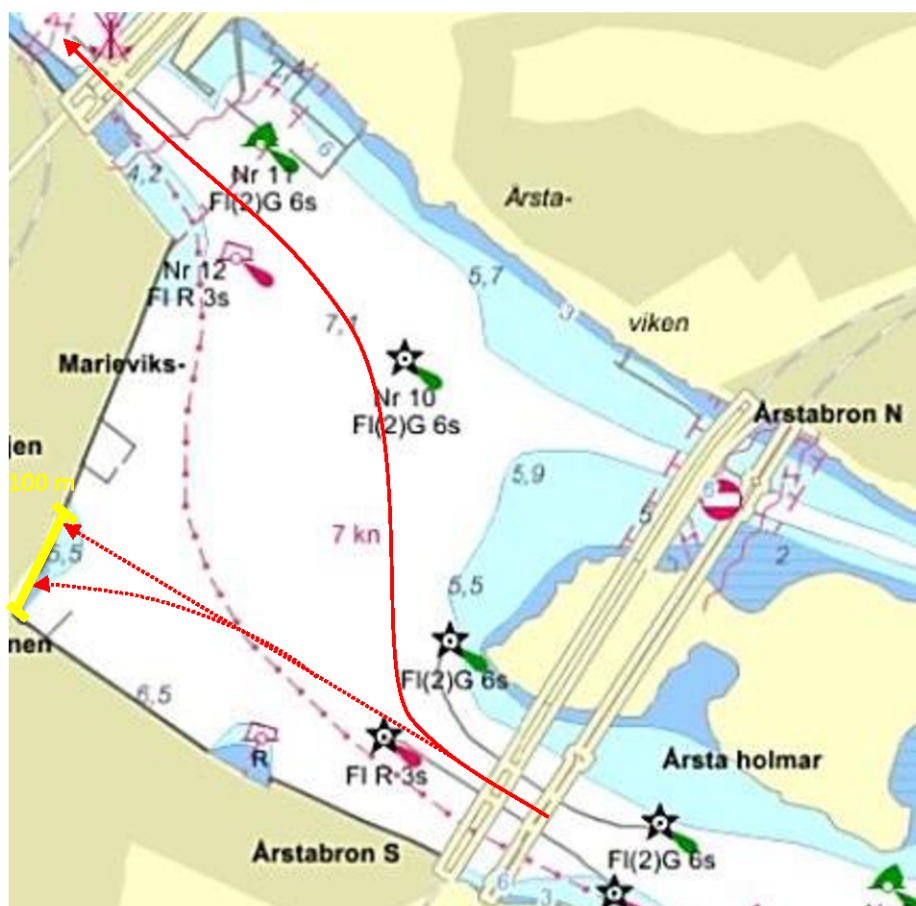
Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot inre delen av Marievikskajen

5.1 Eftersom utformningen av Hammarbyfarleden medför en styrbordsgir för fartygstrafik, i riktning från Hammarbyslussen, bedöms de inre 100 meterna av Marievikskajen utsättas för liten påseglingsrisk. Endast under omständigheter som innebär ett bortfall av styrfunktion/låsning av roder, tekniska fel, där låsning av styrorgan i utslag åt babord, skulle ett fartyg i riktning från slussen kunna segla på den inre delen av kajen enligt de punktade pilarna i figuren nedan. Beroende på hur rodret låser sig kan olika påseglingvinklar uppkomma.

För fartyg i riktning mot Hammarbyslussen anses ingen påseglingsrisk finnas för den inre delen av Marievikskajen.

Beroende på fartygsstorlek och styrarrangemangens utformning har olika fartyg olika minsta girradie. Ett fartyg med konventionellt roder och propellerarrangemang har vanligen en minsta girradie av storleksordningen 1,5 gånger fartygets vattenlinjelängd. Vissa fartygstyper, exempelvis vissa av de grusbåtar som trafikerar Hammarbyleden, är utrustade med så kallade azipod-arrangemang där propellrarna är monterade på vridbara stativ så att själva propelleraxeln, likt en aktersnurra, kan vridas till valfri vinkel i förhållande till längskeppslinjen och därmed ge större girmoment och snävare girradie.

För de största fartygen i leden med en längd av 100 meter erhålls en minsta girradie på cirka 150 meter. Om roderfelet uppstår precis innan styrbordsgiren, 100 meter framför kajen, uppskattas påseglingvinkeln för Marievikskajen till mellan 60 och 90 grader.



Figur 19. Möjliga oönskade påseglingsgirar vid roderfel/låsning – inre Marienvikskajen.

Passagehastigheten antas vara omkring 7 knop för fartyg i riktning från Hammarbyslussen. Vid den oönskade giren kommer hastigheten att minska och påseglingshastigheten antas vid beräkningarna vara 1 knop lägre än passagehastigheten. Beroende på vilken girradie fartyget får kommer det att ta cirka 25 – 40 sekunder innan påseglingen sker och särskilt för de mindre fartygstyperna finns 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 som innebär att styrarrangemang låser sig i fullt utslag är mycket ovanliga. Mängden empiriska data är begränsad men Germanischer 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 trafik i riktning från Hammarbyslussen) kan då antas uppgå till $0,5 \cdot 10^{-5}$ per timme. För att ett sådant roderfel skall leda till påseglingsskurs måste det uppstå under en passagetid som motsvarar längden av den påseglingskritiska strukturen.

Med ovan beskrivna antaganden har sannolikheten för att ett roderfel uppstår under den kritiska delen av en fartygspassage, alltså innan styrbordsgir från Hammarbyslussen, förbi den inre delen av Marienvikskajen (kajlängd 100 meter) beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto, blir returperioden för denna typ av påseglingssolycka cirka 33 191 år.

Fördelat per respektive storlekskategori för fartygen blir returperioderna för denna typ av påsegling enligt tabellen nedan där även beräknade påseglingsfarter och intervall av möjliga påseglingsvinklar anges.

Tabell 3. Förväntad returperiod för påseglingsrisk av inre delen av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	60 - 90 grader	6 knop	50 124 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	60 - 90 grader	6 knop	1 110 240 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	60 - 90 grader	6 knop	107 790 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		33 191 år

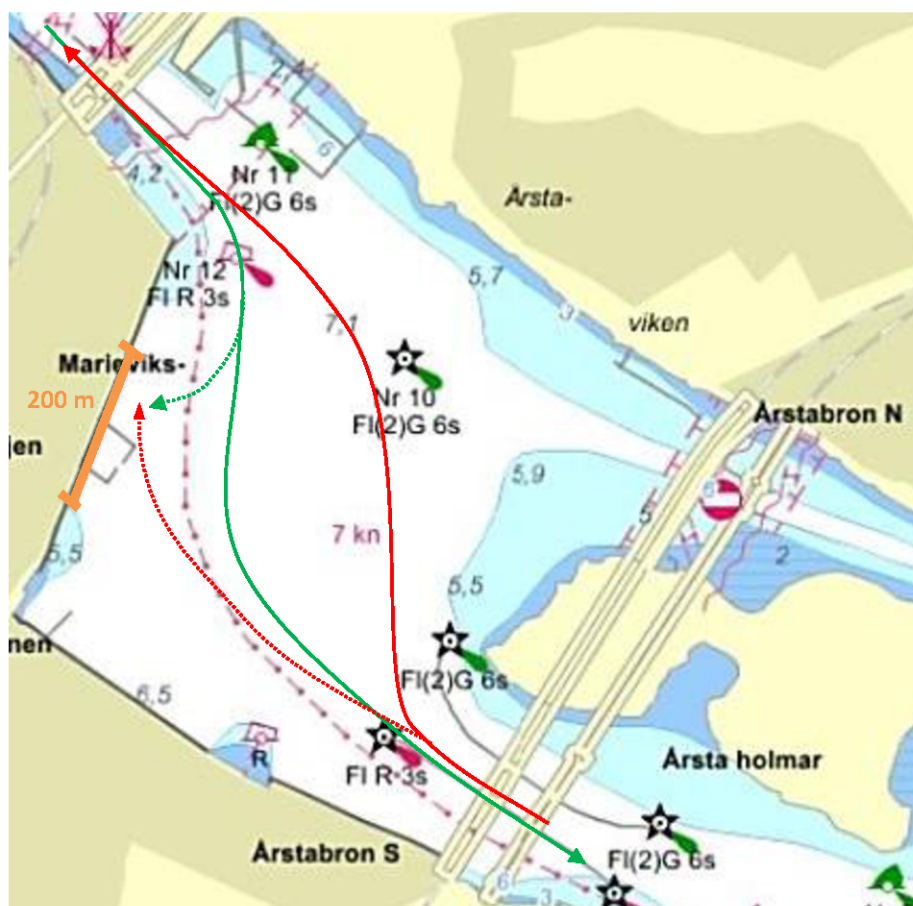
Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot mellersta delen av Marievikskajen

- 5.2 För den mellersta delen av Marievikskajen, cirka 200 meter, kan en påsegling orsakas av samtliga identifierade risker. Såväl mänskliga misstag, tekniska fel och roderfel kan bidra till att styrbordsgiren, i båda riktningar, kan misslyckas och leda till påseglingkurs. Figur 19 illustrerar påseglingsscenario.

Den röda, punktade pilen markerar en kurs som är följd av en för sent initierad styrbordsgir, utifrån given kurslinjen för fartyg i riktning från Hammarbyslussen. Med hänsyn till farledens karaktär och att Årstabroarnas pelare passeras endast någon minut innan giren skall initieras är det osannolikt att rorgängaren exempelvis somnar och därför missar giren helt. Möjligen kan en total blackout på ett fartyg där framdrivnings- och styrfunktionen är integrerad leda till att giren helt uteblir.

Den punktade, gröna pilen motsvarar ett scenario med misslyckad styrbordsgir i form av för sen upprätning av kursen eller låsning av roder under giren.

Olika grader av misslyckade girar medför stora girradier orsakade av tekniska roderfel eller mänskliga misstag. Mänskliga misstag, exempelvis att styrbordsroder läggs för sent innebär dock snarare att en snäv gir läggs väster om den tänkta passagelinjen och senare eventuellt korrigeras med en babordsgir för att komma tillbaka på tilltänkt passagelinje. Om en styrbordsgir misslyckas bedöms möjliga påseglingsvinklar kunna uppkomma inom intervallet 30 till 90 grader.



Figur 20. Påseglingsrisker för mellersta delen av Marievikskajen.

Det finns en möjlighet att babordsroder läggs i istället för styrbordsroder vilket kan ske exempelvis genom missförstånd på bryggan. Med hänsyn till farledens karaktär skulle troligen ett sådant misstag upptäckas och korrigeras genast. Möjligen kan en babordsgir även representera en möjlig oväntad väjningsmanöver för att undvika påsegling.

All olycksstatistik visar att mänskliga fel är vanliga bakomliggande orsaker till 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 (Kristiansen, 2005) där antalet felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil. För den här specifika styrbordsgiren kopplas denna sannolikhet till en kritisk sträcka av 0,05 nautiska mil (50 m), vilket motsvarar sträckan varifrån giren initieras till dess att fartyget rätats upp efter styrbordsgiren.

Tekniska fel av typ blackout bedöms förekomma med avsevärt högre frekvens än fel med oönskade maximala roderutslag och sker inte sällan just i samband med pådrag exempelvis vid avgång från en sluss. Numeriska sannolikhetsvärden baseras vanligen på bas av tiden och baserat på jämförande värdering av olika empiriska modeller nyttjas här $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme (SSPA, 2008). Sannolikheten kopplas till en kritisk

tidsperiod som motsvarar passagen en sträcka av 0,05 nautiska mil vid 6 knop (50 meter strax efter Årstabrons pelare).

Med antaganden enligt ovan har sannolikheten för att styrbordsgiren skall misslyckas på grund av mänskliga eller tekniska fel beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto blir returperioden för denna typ av påseglingsolycka cirka 626 år.

Tabell 4. Returperioden för påseglingsrisker från misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel – mellersta delen av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	30 - 90 grader	6 knop	945 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	30 - 90 grader	6 knop	20 930 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	30 - 90 grader	6 knop	2 032 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		626 år

Returperioden för roderfel blir, för samma fartygsflöde, 8 298 år.

Beräkningen utgår från påseglingsfarter upp till 6 knop. Fördelat per respektive storleksintervall blir returperioderna för denna typ av påsegling enligt tabellen nedan. Beräknade påseglingsfarter och intervall av möjliga påseglingsvinklar anges också i tabellen.

Tabell 5. Returperiod för påseglingsrisk av mellersta Marievikskajen som en följd av roderfel.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	30 - 90 grader	6 knop	12 531 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	30 - 90 grader	6 knop	277 560 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	30 - 90 grader	6 knop	26 948 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		8 298 år

Jämförs returperioderna för oönskad påseglingsskador som en följd av roderfel med misslyckad styrbordsgir är påseglingssannolikheten för det senare scenariot betydligt högre (kortare returperiod).

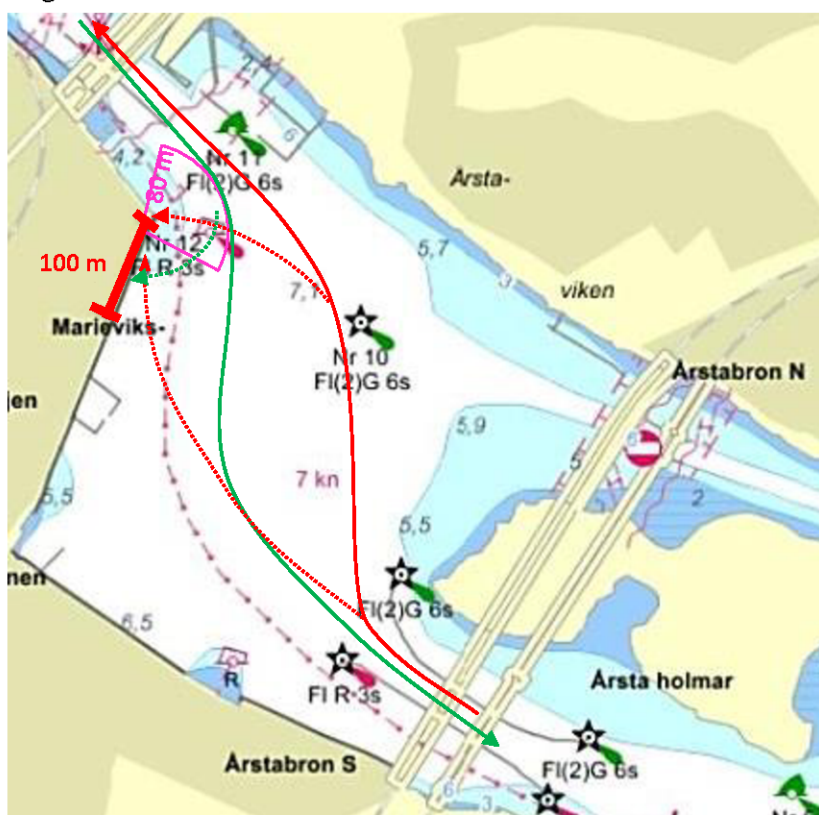
Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskador mot Marievik 15

För de yttre 100 meterna av Marievikskajen, där bostadsfastigheten Marievik 15 planeras, kan samtliga av de identifierade riskerna leda till en påsegling. Både mänskliga såväl som tekniska fel kan bidra till att styrbordsgiren, oavsett åt vilket håll fartyget färdas, kan misslyckas och leda till påseglingsskador. Figur 21 illustrerar påseglingsscenarion för Marievik 15.

Av figuren framgår även att det norra hörnet av den yttre kajdelen är den plats där avståndet mellan den tänkta farledslinjen och den planerade bostadsbyggnaden är minst. Avståndet mellan farledens mittlinje (fartygens normala passagelinje) och hörnet av byggnaden i Marievik 15 är ca 80 m. I jämförelse med föreslagna riktlinjer för planering av bostadsbebyggelse i närheten av väg och järnväg med transport av farligt gods är detta avstånd mindre än de 150 meter som vanligen anges.

Liksom för den mellersta delen av kajen (kapitel 5.2) kan en för sent initierad styrbordsgir leda till en påsegling (röd, punktdrad linje). Det är osannolikt att giren missas helt då fartygen passerar bropelare och ledverk innan det kommer in i Årstaviken och girar styrbord enligt utmärkt farled. En total blackout på ett fartyg där framdrivnings- och styrfunktionen är integrerad skulle dock kunna leda till att giren helt uteblir.

Om en styrbordsgir misslyckas beräknas möjliga påseglingsvinklar inom intervallet 0 till 30 grader.



Figur 21. Påseglingskurser för Marievik 15.

Baserat på samma numeriska modell som tidigare, där antalet mänskliga felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil (nm). För styrbordsgiren i riktning från Hammarbyslussen används en kritisk sträcka av 0,05 nautiska mil (50 m), vilket motsvarar sträckan varifrån giren initieras till dess att fartyget rätats upp efter styrbordsgiren. Kajdelens längd är kortare än den mellersta delen vilken också påverkar uppskattningen av påseglingssannolikheten.

För blackout och bortfall av styrfunktion används sannolikhetsvärdet $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme (SSPA, 2008). Sannolikheten kopplas till en kritisk tidsperiod som motsvarar

passagen en sträcka av 0,05 nautiska mil vid 6 knop (50 meter strax efter Årstabrons pelare).

Med antaganden enligt ovan har sannolikheten för att styrbordsgiren skall misslyckas på grund av mänskliga eller tekniska fel beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto blir returperioden för denna typ av påseglingsoflycka för Marievik 15 cirka 1 251 år.

Tabell 6. Returperioden för påseglingsrisker från misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel – Marievik 15.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	0 - 30 grader	6 knop	1 890 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	0 - 30 grader	6 knop	41 860 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	0 - 30 grader	6 knop	4 064 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		1 251 år

Returperioden för roderfel blir, för samma fartygsflöde, betydligt högre: 16 596 år.

Beräkningarna utgår från påseglingshastigheter om upp till 6 knop. Fördelning per fartygsstorlek med respektive returperiod visas i tabellen nedan. Beräknade påseglingssarter och intervall av möjliga påseglingsvinklar anges.

Tabell 7. Returperiod för påseglingsrisk av Marievik 15 som en följd av roderfel.

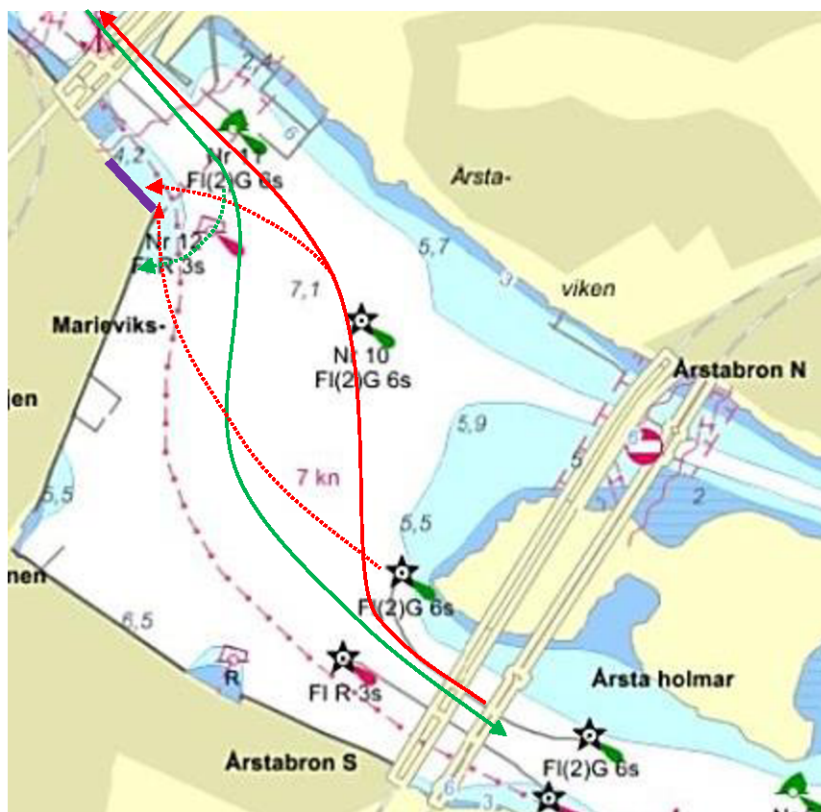
Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	0 - 30 grader	6 knop	25 062 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	0 - 30 grader	6 knop	555 120 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	0 - 30 grader	6 knop	53 895 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		16 596 år

5.4

Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot den nordöstra kajen

För den planerade konsolbryggan längs nordöstra kajen, väster om Marievikskajens norra hörn, anses påsegling endast kunna ske med fartyg i riktning mot Liljeholmsbroarna. Ledverken under Liljeholmsbroarna medför att stora fartyg i riktning mot Hammarbyslussen inte kan få en brant påseglingsvinkel mot den planerade konsolbryggan. Även om fartyg skulle göra en snäv styrbordsgir (grön, punktad linje i Figur 21), till exempel på grund av roderfel, är det osannolikt att konsolbryggan påseglas. Snarare påseglas den yttre delen av Marievikskajen.

Stora fartyg i riktning mot Liljeholmsbroarna som drabbas av roderfel (med låst babordroder vid kurs mot Liljeholmsbroarna) skulle kunna få en påseglingsvinkel av 0-30 grader mot den cirka 80 meter långa konsolbryggan, men kan endast ge marginella bidrag till den beräknade returperioden i Tabell 7, och är därmed försumbar i förhållande till påseglingssannolikheten för Marievikskajens yttre del. Returperiod 135 000 år för stora fartyg.



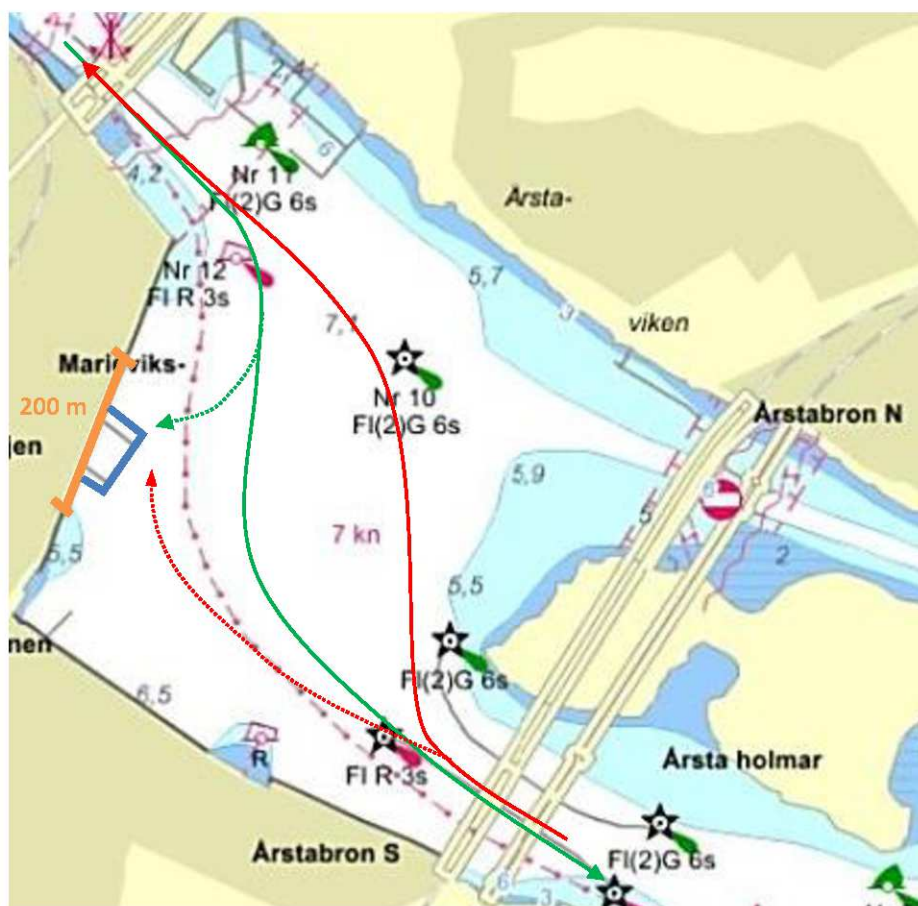
Figur 22. Påseglingsskurser för nordöstra kajen.

5.5

Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskurs mot flytbryggor

5.5.1 Påsegling av Brygga

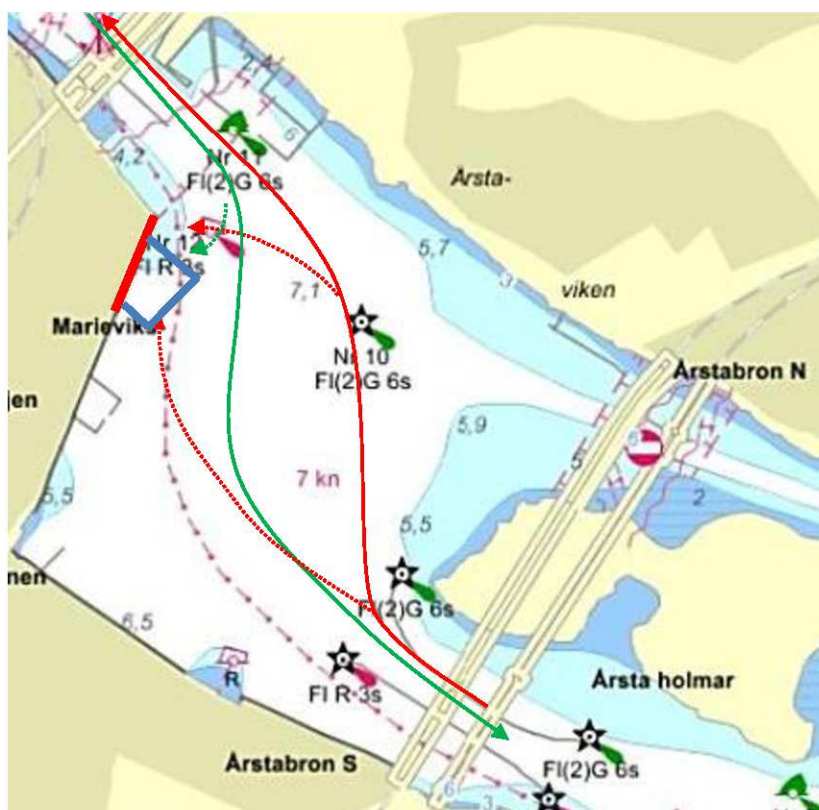
Den brygga som kommer att byggas längs den mellersta delen av Marievikskajen uppskattas kunna bli 100 meter. Påseglingssannolikheten, grovt räknat proportionell mot bryggans bredd i förhållande till kajdelens längd (200 meter), beräknas till 50% av de beräknade returperioderna i Tabell 4 (gällande misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel) samt Tabell 5 (påseglingsrisk orsakad av roderfel).



Figur 23. Påseglingssannolikhet för Brygga – mellersta kajen.

5.5.2 Påsegling av Brygga 2

För den planerade bryggan framför Marievik 15 bedöms påseglingssannolikheten vara större än för motsvarande kajdel (yttre kajdelen) eftersom de yttre bryggdelarna hamnar nära den av passerande fartyg nyttjade farledsytan.



Figur 24. Påseglingssannolikhet för Brygga 2.

5.6 Sammanfattning av påseglingssannolikheter

Ovan beräknade sannolikheter har skiljt på påseglingsrisker orsakade av oönskad styrbordsgir som en följd av roderfel/låsning av roder samt misslyckad styrbordsgir orsakad av mänskliga och tekniska fel. För att få en bättre jämförelsegrund har påseglingssannolikheterna för de respektive olyckstyperna slagits samman och returperiod har beräknats för de olika delarna av Marievikskajen samt nordöstra kajen. I tabellen nedan ges en överblick för returperioden baserat på hela fartygsflödet, det vill säga alla fartyg, samt för fartyg inom den största fartygskategorin.

Tabell 8. Sammanfattning av returperiod för de olika delarna av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Inre delen (100 meter kaj)	Mellersta delen (200 meter kaj)	Marievik 15 (100 meter kaj)	Nordöstra kajen (80 meter)
Alla	33 200 år	580 år	1 200 år	41 000 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	110 000	1 900	3 800 år	135 000 år

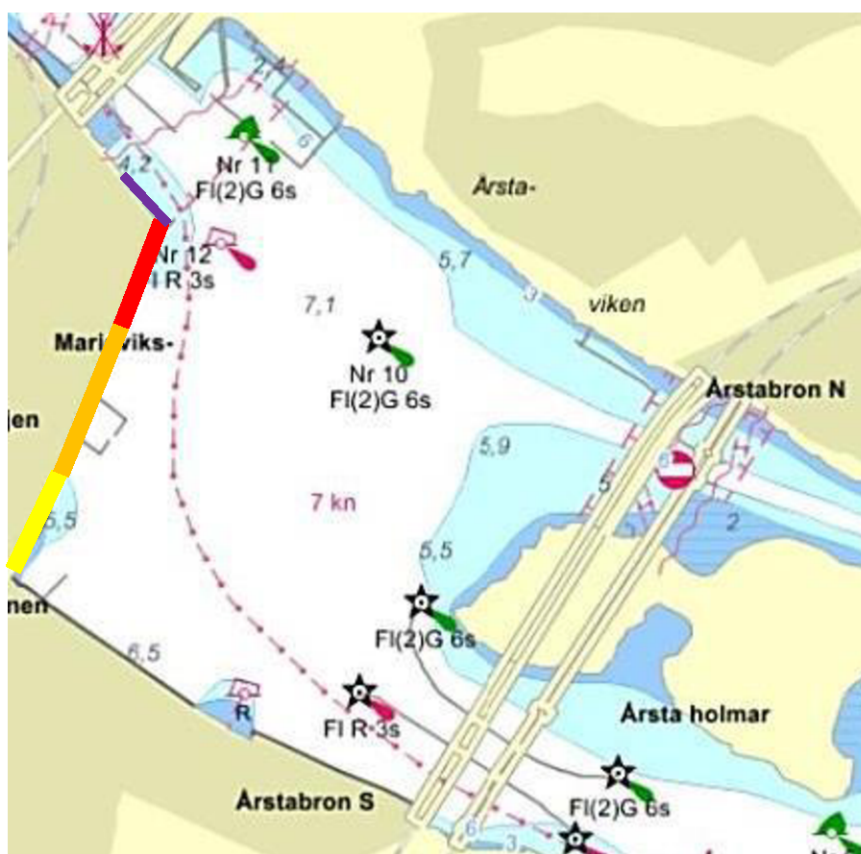
Returperioden för påsegling av flytbryggorna har inte beräknats i detalj detaljutformningen inte är fastställd.

Konsekvenser av påsegling

Svårighetsgraden av konsekvenserna av en kontakt mellan fartyg och byggnad/kaj beror främst av penetrationsdjup och på vilken vertikal nivå kontakten sker, samt i viss grad på vilken tid av dygnet olyckan sker.

- 5.7 Vattendjupet längs Marievikskajen är enligt sjökortet omkring 6 meter, vilket innebär att ingen uppbromsande effekt på grund av grundstötning kan påräknas vid påsegling av de aktuella fartygsstorlekarna.

Farleden mellan Liljeholmsbroarna och yttre delen av Marievikskajen har ledverk för fartygen och djupet längs kajen är enligt sjökortet cirka 4 meter. Den planerade konsolbryggan är cirka 80 meter (lila linje i figuren nedan).



Figur 25. Förtydligande av de olika delarna av Marievikskajen. Gult: inre delen av kajen, orange: mellersta delen av kajen, rött: yttre delen av kajen, dvs. Marievik 15. Lila visualiserar den planerade konsolbryggan.

Förskeppen på fartyg ser olika ut, men gemensamt är att förskeppet har ett överhäng och att vissa fartyg har en utskjutande bulb under vattenlinjen. Utsträckningen av överhäng och eventuella utskjutande delar är normalt högst 2-3 meter för fartyg av aktuella storlekar och kan därför inte träffa och skada fasaden såvida inte själva fartyget krossar och penetrerar kajdäcket. Vid en kajpåseglingsolycka kan förskeppet orsaka stor skada genom att kajdäcket krossas eller förskjuts eller att pålverkets bärlighet skadas.

Om påseglingens vinkel är flack och kajkanten inte krossas kommer fartyget att tvingas till en gir vid kajkontakten och en del av rörelseenergin omsätts då till rotation av fartyget. Låg friktion mellan kajkant och fartyg underlättar glidning och rotation och minskar därmed påseglingens lasten mot kajen. Kajens konstruktion är också betydelsefull för hur den deformeras vid påsegling och hur den överför påseglingens laster till påverk och bakomliggande strukturer och byggnader. Ett kraftigt dimensionerat kajdäck kan tänkas ta upp påseglingens laster utan att deformeras men beroende på förankring och grundläggning kan det också tänkas förskjutas horisontellt och därmed överföra påseglingens laster till bakomvarande strukturer som exempelvis bostadsbyggnader. Ett mindre kraftigt kajdäck kan däremot tänkas ta upp eventuella påseglingens krafter genom att det krossas eller veckas utan att överföra krafter till bakomvarande strukturer. Kajens konstruktion och dess separation eller eventuella bakåtförankring till byggnader är därför viktiga för vilka konsekvenser påseglingens olyckor kan ge.

5.7.1 Konsekvenser av påsegling av kajens inre del

Sannolikhet för påsegling av kajens inre del är mycket låg, men påseglingens vinklarna kan antas bli relativt branta och innebära att fartygets hela rörelseenergi skall tas upp av deformation av fartygets stäv och kajen. Tänkbara scenarier gör det troligt att fartygets fart reducerats avsevärt från 7 knop innan påseglingens ögonblicket genom back/bromsmanöver eller nödankring vilket reducerar påseglingens krafterna väsentligt.

5.7.2 Konsekvenser av påsegling av kajens mellersta del

För den mellersta kajdelen är avståndet mellan kajkanten och bakomvarande byggnader större än för övriga kajdelar och det finns inga bakåtförankringar mellan kaj och byggnader varför konsekvenserna här bedöms mindre allvarliga i detta avseende.

Den offentliga parken längs den mellersta delen av kajen ligger bakom planerad brygga (nuvarande fribåtshamn) och anses inte kunna påseglas. Eventuell påseglingens energi tas upp av kajen framför och en penetration med inträngning till parken är osannolik. Människor som vistas i parken är utom fara och hinner sätta sig i säkerhet.

5.7.2.1 Konsekvens av påsegling av Brygga

Den fritidsbåtshamn som idag upptar cirka 60 meter av kajdelens totalt uppskattade 200 meters längd, innebär att konsekvensbilden vid en eventuell påsegling kan skilja sig från övriga kajdelar.

Generellt gäller att människor som vistas utomhus kan förväntas observera om ett fartyg ser ut att ha påseglingens kurs och även ha möjlighet att sätta sig i säkerhet genom att springa undan då påseglingens hastigheten är av storleksordningen 5-6 knop (cirka 3 m/s). Detta gäller även vid förlängning av parken med bryggor. Fartygen kan eventuellt även avge varningssignaler för att uppmärksamma människor på kajen och i byggnaderna på påseglingens faran.

5.7.3 Konsekvenser av påsegling av kajens yttre del och Marievik 15

På den yttre delen av kajen kommer fasaden att ligga 10 meter innanför kajkanten. Byggnadens hörn vid kajens slut bedöms särskilt känsligt med närhet till kajkanten på båda sidor och genom att detta hörn av kajen är den del där passerande fartyg passerar med minsta avstånd till kajen. Idag finns bakåtförankringar mellan kaj och huskropp men planerad ny- och ombyggnad omfattar även kajens konstruktion och därmed finns förutsättningar att konstruera kajen så att byggnadsstrukturen inte kan äventyras vid en eventuell påsegling.

Människor som vistas utomhus kan förväntas observera om ett fartyg ser ut att ha påseglingkurs och även ha möjlighet att sätta sig i säkerhet genom att springa undan då påseglingshastigheten är av storleksordningen 5-6 knop (cirka 3 m/s).

Vissa fartyg har särskilt stora utskjutande delar såsom exempelvis fartyget Nordanvind med ett cirka 10 meter långt transportband för sand/grus som sticker ut framför fartygets stäv, se figur nedan. Under vissa omständigheter, som brant påseglingsvinkel och minimalt avstånd mellan kajkant och fasad skulle påsegling med detta fartyg, kunna ge skador och inträngning i fasaden även om fartygsstaven inte penetrerar själva kajkanten.



Figur 26. Fartyget Nordanvind (L 45m, B 6m, T 2,9m, lastkapacitet 350 ton) med ett utskjutande transportband. (foto B Forsman).

För de aktuella, planerade byggnaderna finns våningsplan med bostäder belägna på en höjd som kan motsvara transportbandets spets, men planerna för den nya hörnbyggnaden omfattar ett restaurant-plan som sträcker sig 9 meter över markplan där en penetration av transportbandet skulle kunna ge betydande skador. Transportbandet kommer dock sannolikt att deformeras eller vridas vid en påsegling.

Ett scenario där transportbandet skadar en bärande hörnpelare i denna byggnadsdel skulle kunna tänkas ge allvarliga konsekvenser.

Förskeppets höjd över vattenytan för fartyg av den största storlekskategorin är normalt omkring 5-7 meter vilket motsvarar en nivå av ca 3 - 5 meter upp på fasaden över marknivå, och kan vid eventuell kontakt med fasaden främst skada lokaler i byggnadens bottenplan.

Ett värsta scenario där en påseglingsskada leder till kollaps av den bärande byggnadsstrukturen bedöms enligt byggherren dock inte kunna uppstå av en skada på denna hörnpelare. Den centrala bärande strukturen i det planerade höghuset är belägen cirka 25 meter innanför kajkanten. Sannolikheten för att den centrala, bärande byggnadsstrukturen i den planerade tornliknade bostadsbyggnaden skulle kunna skadas så allvarligt av en påseglingsolycka så att hela strukturen kollapsar bedöms vara ytterst liten. Det krävs dock att de omgivande kajerna dimensioneras för att kunna ta upp påseglingskrafter från de största fartygstyperna (under branta påseglingsvinklar och farter upp till 7 knop) utan att påseglinglasterna överförs till och skadar byggnadens grundläggning och bärande strukturer. Konsekvenserna av ett värsta scenario med en helt kollapsande struktur skulle kunna vara katastrofala med hundratals dödsfall och påkalla bedömning av samhällsrisk.

En olycka nattetid då fler personer befinner sig i huset än under dagtid kan ge större förluster i antal dödsfall/personskador. Sjötrafiken är dock mindre nattetid än dagtid varför påseglingssannolikheten också kan antas vara mindre.

Risk för liv är i första hand förenat med att delar av själva bostadsplanen i byggnaderna kollapsar och människor kläms genom att fartyget med sitt stävöverhäng tränger in i själva byggnaden eller att husgrunden penetreras med strukturskador i byggnadsdelarna ovanför skadan.

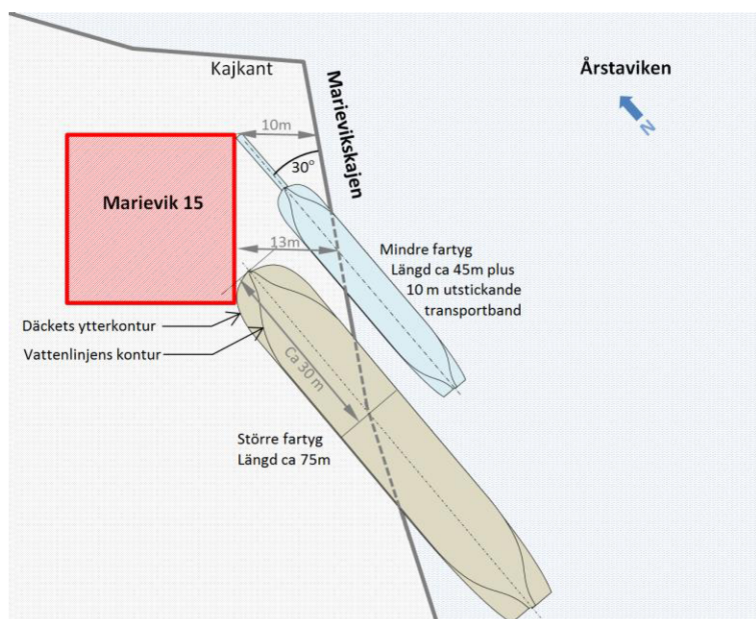
Möjliga konsekvenser av eventuella påseglingssolyckor med kajpenetration kan inte uppskattas i detalj men en påsegling nattetid med skador i fasad och bostadslägenheter kan tänkas leda till enstaka dödsfall. Vid särskilt kraftiga påseglingar med fasadpenetration och omfattande skador på lägenheter i flera våningsplan skulle i storleksordningen 5 - 10 personer kunna tänkas omkomma. Denna uppskattning baseras på att mellanväggar och tak i fastigheten rasar in.

Konsekvenserna vid påsegling med penetration av mindre omfattning, och utan omfattande strukturskador i våningsplanen, kan troligen inskränka sig till materiella skador eller personskador. Förskeppets höjd över vattenytan för fartyg av den största storlekskategorin är typiskt omkring 6 meter vilket motsvarar en nivå av ca 4 meter upp på fasaden över marknivå.

Skadeeffekterna kan möjligen också förstärkas om sekundära konsekvenser såsom exempelvis brand uppstår i fartyget vid påseglingen.

Eftersom troliga påseglingsvinklar vid påsegling av Marievikskajens yttre del och fastigheten Marievik 15 är flacka kommer en betydande del av rörelseenergin att tas upp genom rotation av fartyget och även om inträngningsdjup och skadeutbredning i

kajen är betydande, bedöms det mycket osannolikt att den vinkelräta inträngningen i kajen skulle kunna uppgå till 7-8 m, vilket erfordras om fartygets stävöverhäng skall nå och skada husfasaden. Även för fartyg med långa utskjutande transportband skulle det erfordras betydande kajinträngning vid en påseglingsvinkel av 30°, se figur nedan.



Figur 27. Påseglingsscenario med kajpenetration och fasadkontakt utan rotation/glidning för två olika fartyg med 30° påseglingsvinkel.

För detaljerade beräkningar av penetrationsdjup/inträngning i kaj kan identifierade påseglingsscenarion simuleras.

5.7.3.1 Konsekvenser av påsegling av Brygga 2

Flytbryggor kan tyckas bräckliga i jämförelse med stora fartyg i kollisionssituationer men erfarenheter visar att flytande farkoster (småbåtar, flytbryggor etc.) kan försas undan av svallvågen framför ett fartyg och även om direkt kontakt uppstår kan flytbryggan knuffas undan, beroende på konstruktion, påseglingshastighet och -vinkel.

För den planerade bryggan framför Marievik 15 (se Figur 1), Brygga 2, som har en större uppskattad påseglingssannolikhet jämfört med kajen, kan påsegling av passerande fartyg innebära penetration av bryggan då denna kläms mot kajen. Dock skyddar bryggan mot direkt påsegling av kajen eftersom bryggan tar upp påseglingsenergi från fartyget.

Konsekvenser av påsegling av nordöstra kajen

Potentiella påseglingsvinklar för den planerade konsolbron längs nordöstra kajen bedöms vara relativt flacka. Vid en eventuell påsegling är det troligt att fartyget glider

längs med konsolbron. En glidande kontakt bidrar till att en del av fartygets rörelseenergi omsätts till rotation av fartyget. Konsolbrons konstruktion är betydelsefull för hur den deformeras vid påsegling och hur påseglingslaster påverkar strukturen.

Människor som vistas på konsolbron kan förväntas observera om ett fartyg ser ut att ha påseglingsskador och även ha möjlighet att sätta sig i säkerhet genom att springa undan. Fartygen kan eventuellt även avge varningssignaler för att uppmärksamma människor på kajen/konsolbron om påseglingsskador.

Ett värsta scenario där en påsegling leder till kollaps av konsolbron bedöms inte sannolik. Det förutsetts dock att konsolbron konstrueras så att eventuella påseglingsskador inte kan leda till att hela eller stora delar av bron kollapsar och på ett sätt så att eventuella påseglingsskador främst inskränker sig till lokala skador vid kontakten med fartyg.

Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens

- 5.9 Den typ av påseglingsscenario som skulle kunna ge störst skada är den som innebär påsegling med ett stort fartyg under brant vinkel mot kaj/bryggor och med relativt hög fart. Riskanalysen i föregående avsnitt visar dock på flera förhållanden som begränsar förutsättningarna för att sådana scenarier skall uppstå. Sannolikheten för påseglingsscenarier har beräknats utifrån trafikstatistik och empiriskt kända felfrekvenser. En förväntad returperiod för Marievik 15 är cirka 1 200 år.

Beräkningarna har gjorts för hela Marievikskajen samt nordöstra kajen och baseras på dagens trafikflöden, men även med en möjlig framtida ökning, är den beräknade sannolikheten betryggande låg. Vad gäller fartygsstorleken förväntas inte de maximala fartygsstorlekarna växa i framtiden i nämnvärd grad eftersom maximala dimensioner väsentligen ges av Hammarbyslussens storlek, farledens djup samt brohöjder.

Det bör påpekas att de nyttjade empiriska frekvenserna för olika felhändelser baseras på historiska olyckor bakåt i tiden och att de därmed är representativa för en äldre fartygsflotta av genomsnittlig standard i alla internationella vatten. Dagens och framtidens trafik förbi Marievik representerar en flotta av yngre fartyg som är föremål för noggrann inspektion av teknisk och personell standard vilket också bidrar till att sannolikhetsbedömningarna kan anses konservativa.

För den största fartygskategorin (längd 70 - 100 m), vilken är den som bedöms kunna ge allvarligast kajskador och största inträngning, uppskattas returperioden för påsegling av Marievikskajens yttre 100 meter till 3 800 år. Eftersom fastighetens fasad (byggnad T7) mot Marievikskajen är cirka 25 meter kan returperioden för påsegling av den för själva byggnaden kritiska kajsträckan räknas om med en faktor ¼ eller en förväntad returperiod av 15 200 år.



Figur 28. Fartyget Solskär vid N Hammarbykajen (Längd 38 m) med ett utskjutande matarband i fören. (foto: A. Bakosch)

6 Riskvärdering

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.

- 6.1 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 individrisk som kan tolereras under vissa förutsättningar anges till 10^{-5} per år. För att göra detta värde mindre abstrakt kan som jämförelse anges att det är tio gånger lägre än den individrisk som finns hos den befolkningsgrupp i samhället som har den lägsta frekvensen av naturliga dödsfall.

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 samhällsrisks gränserna för ALARP-området av $\leq 10^{-4} \geq 10^{-6}$ per år, för olyckor med ett dödsfall och med en lutning (log-log skala) av -1 för olyckor med flera dödsfall.

6.2 Individrisk Marievik 15

För individrisk beaktas de människor som varaktigt vistas/bor på ett specifikt läge, i detta fall Marievik 15. Besökande i området exponeras inte för risk på samma sätt som permanent boende.

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

Den förväntade returperioden 15 200 år som uppskattats för påsegling av kritisk kajsträcka framför byggnaden T7 i Marievik 15 kan omräknas till en sannolikhet av $6 \cdot 10^{-5}$ per år. Förväntade påseglingvinklar för denna kajsträcka anges vara mellan $0 - 30^\circ$ men uppskattningsvis bedöms endast vinklar i intervallet $25 - 30^\circ$ kunna ge nämnvärd inträngning i kajen. Om påseglingvinklarna antas jämnt fördelade över intervallet $0 - 30^\circ$, så reduceras sannolikheten för påsegling under kritisk vinkel mot kritisk kajsträcka till $1 \cdot 10^{-5}$ per år. Eftersom kajkonstruktionen förutsätts ha en avsevärd uppbromsande effekt på ett påseglande fartyg är denna sannolikhet för kritisk kajpåsegling inte lika med sannolikheten för att det påseglande fartyget når fasaden och skadar byggnaden.

Om kajens konstruktion antas vara av sådan hållfasthet att högst en tiondel av de kritiska påseglingsscenarierna kan ge så omfattande kajinträngning att fasaden nås, blir sannolikheten för påsegling med fasadskada omkring $1 \cdot 10^{-6}$ per år. Påsegling med måttlig fasadskada bedöms vidare endast i vissa fall leda till dödsfall för personer som vistas i byggnaden och om dödsfall antas inträffa vid varannan fasadpåsegling kan motsvarande individrisk uppskattas till $5 \cdot 10^{-7}$ per år.

Kajen och dess konstruktion vad avser uppbromsande effekt är en viktig riskreducerande faktor. Med den planerade bredden av 10 meter och med de dimensionerande påseglingsscenario som beskrivs ovan, bedöms att det finns goda förutsättningar att konstruera kajen så att den uppskattade individrisken ytterligare reduceras eller åtminstone inte överskrids.

Samhällsrisk Marievik 15

6.3 Den planerade byggnadens konstruktion bedöms enligt uppdragsgivaren vara sådan att den inte kan kollapsa på grund av något tänkbart värsta fall av påsegling med aktuella fartyg. Därmed bedöms det inte relevant att värdera samhällsrisk och scenarier med hundratals dödsfall som skulle kunna vara aktuella vid en byggnadskollaps.

Med hänvisning till de föreslagna acceptanskriterier som refereras i kapitel 4.3, kan noteras att sannolikheten för påsegling som ger byggnadskollaps bör ligga under 10^{-8} per år.

Det förutsätts att kajkonstruktionerna ses över och konstrueras för att undvika eventuella bakåtförankringar som kan överföra påseglingslaster till byggnaden. Kajen bör dimensioneras för att motstå påsegling i 30 grader med 6 knop utan att allvarliga skador uppstår på huskroppen.

6.4

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*.
- 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 felet 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.

7 Riskreducerande åtgärder

Den redovisade analysen indikerar låga risknivåer men förutsätter att kajkonstruktion och -kondition ses över och förbättras i de sektioner där påseglingsscenarier skulle kunna skada bakomliggande byggnader. För hela kajen och flytbryggor/konsolbrygga, förutsätts vidare att kajtor och bryggdäck utformas så att de medger sikt mot farleden och passerande fartyg och utan onödiga barriärer som försvårar förflyttning eller snabb evakuering av ytor som hotas av fartygpåsegling.

Tänkbara kompletterande eller alternativa riskreducerande åtgärder för att minska sannolikheten för, eller konsekvenserna av, påsegling skulle kunna omfatta konstgjorda grundbankar/grund eller energiupptagande kassuner/stenkistor liksom ytterligare hastighetsbegränsning för passerande fartyg. Konstgjorda grundbankar är dyra att anlägga och begränsar manöverutrymme och användbarheten av kajerna. Ytterligare fartbegränsning ger förlängda transporttider och kan i vissa fall hämma manörförutsättningarna för vissa fartygstyper och bedöms inte attraktiva mot bakgrund av att passagen av Marievik utgör en del av en farled utpekad som riksintresse.

Riskreducerande åtgärder för den inre delen av kajen

- 7.1 Sannolikheten för påsegling av kajens inre delar är mycket låg men eftersom påsegling kan ske under brant vinkel är det motiverat att se över kajkonstruktion och -kondition så att skadliga påseglingslaster inte kan överföras till bakomvarande byggnader.

7.2 Riskreducerande åtgärder för den mellersta delen av kajen

För den mellersta kajdelen är avstånden mellan kaj och bakomliggande byggnader och den offentliga parken relativt stora, varför behovet av åtgärder för att förhindra att eventuella påseglingslaster överförs till byggnaderna bedöms vara litet. Byggnaderna är vidare fristående från kajkonstruktionen som inte har några bakåtförankringar som kan överföra påseglingslast. För parken gäller det att undvika staket eller annan typ av hinder som kan påverka sikten.

7.3

Riskreducerande åtgärder för den yttre delen av kajen – Marievik 15 och Brygga 2

Även om påseglingssannolikheten inte skiljer sig väsentligt för den yttre delen av kajen, jämfört med den mellersta kajdelen, innebär de potentiellt allvarliga konsekvenserna av skador på bostadshusen här att risknivån är högre och att särskilda åtgärder kan påkallas. I samband med översyn och renovering av denna kajdel är det viktigt att kajen byggs om så att inga bakåtförankringar kan överföra eventuella påseglingslaster till bakomvarande byggnad och att kajkonstruktionen dimensioneras för att klara

påseglingsslaster från dimensionerande fartyg i 30° påseglingsvinkel i 6 knop utan att omfattande struktur- eller fasadskador uppstår.

Vid eventuella påseglingsscenarier är påseglingsvinkeln troligen relativt flack och en stor del av rörelseenergin tas upp av att fartygets stäv glider längs kajkanten så att kursriktningen ändras. Kajkrönet bör därför lämpligen utformas med en krönbalk/hammarband eller längsgående fender som medger glidning längs kajkanten.

Påseglingssannolikheten för Brygga 2 är uppskattat större än för själva kajen. Detta eftersom bryggan beräknas ligga närmare farleden och passerande fartyg. Genom att bygga Brygga 2 med en vinkel som är parallell med Marievikskajen (se figur nedan) lämnas större avstånd till farledsytan.



Figur 29. Föreslagen riskreducerande åtgärd för Brygga 2.

Vidare är det också viktigt att det yttre hörnet på Brygga 2 är tydligt utmärkt/upplyst så att bryggan syns även i mörker.

7.4

Riskreducerande effekt av planerade och föreslagna åtgärder

Trots att de redovisade sannolikheterna för påsegling är låga (returperioderna är långa) har ett antal riskreducerande åtgärder identifierats och föreslagits. Åtgärderna är främst av konsekvensreducerande slag och de viktigaste är relaterade till utformning av kajen framför byggnaderna och kajens energiupptagande förmåga.

Den redovisade analysen omfattar ingen detaljerad värdering av dagens risker i det aktuella området och det föreligger inte heller något underlag för bedömning av den nuvarande kajens energiupptagande egenskaper och kondition. Det är dock sökandes avsikt att undersöka status och genomföra erforderliga förstärknings- och

reparationsåtgärder på kajen och den samlade riskbedömningen utgår från att dessa åtgärder genomförts.

8 Resultat och slutsatser

Antalet passager i Hammarbyslussen domineras av de yrkesfartyg som är kortare än 30 meter. De största yrkesfartygen (längd: 70-100 meter) är få till antalet och utgjorde endast 8% av det totala antalet passager under 2012. I genomsnitt per dag passerar ett fartyg av den största storleksklassen. Även om trafiken med stora fartyg kan tänkas öka i framtiden indikerar statistik att risken är liten för påsegling av kaj.

Högsta tillåtna fart i farleden är 7 knop och strömhastigheter i Hammarbyleden anses inte påverka sjöfarten i området.

Hammarbyleden, mellan Hammarbyslussen och Liljeholmsbroarna, är utformad så att fartyg i färdriktning från slussen gör en styrbordsgir i södra farleden efter Årsta holmar. Detta innebär att alla fartyg i den riktningen, under ett visst tidsintervall, kommer att ha stävriktning som pekar mot Marievikskajen. De har alltså en påseglingsskurs vilket medför att ett flertal olika påseglingsscenarioer kan uppstå om styrbordsgiren misslyckas som en följd av tekniska fel eller mänskliga misstag.

Även i motsatt färdriktning, från Liljeholmsbroarna mot Hammarbyslussen, kan styrbordsgiren misslyckas, och som en följd av roderlåsning kan påsegling av Marievikskajen potentiellt ske även vid gång i riktning från slussen.

Följande, identifierade scenarion har undersökts med avseende på påseglingsrisker:

- i-a)** Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.
- i-b)** Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt fel.
- i-c)** Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.
- i-d)** Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.
- ii-l)** Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- ii-m)** Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Dessa identifierade riskscenarion sammanfattas i två olyckstyper:

- Önskad påseglingsskur orsakad av roderfel/bortfall av styrfunktion.
- Misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel.

Baserat på en indelning av trafikflödet i Hammarbyleden i fyra olika fartygskategorier (olika displacementintervall) är det tydligt att det sker flest passager med mindre fartyg (brutto < 200). Dessa fartyg anses inte utgöra någon fara vid eventuell påsegling. Påseglingssannolikhet för övriga fartygskategorier beräknas för olika delar av Marievikskajen; inre kajen (100 meter), mellersta kajen (200 meter) och Marievik 15 (100 meter) och redovisas som förväntad returperiod, tillsammans med antagen påseglingssvinkel och hastighet.

En sammanfattning för de olika returperioderna för respektive kajdel (inkluderat båda identifierade olyckstyper) visar förväntad returperiod för påsegling med fartyg större

än 3 000 m³. För Marievik 15 uppskattas den statistiskt förväntade returperioden för den största fartygskategorin till 3 800 år.

Tabell 9. Returperiod för de största fartygstyperna för de olika delarna av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Inre delen (100 meter kaj)	Mellersta delen (200 meter kaj)	Marievik 15 (100 meter kaj)	Nordöstra kajen (80 meter)
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	110 000	1 900	3 800 år	135 000 år

Påseglingsvinklarna som är förenade med de olika olyckstyperna är dock relativt flacka för Marievik 15 och kan förväntas ge ett påseglingsförlopp där fartyget glider längs kajen.

Den typ av påseglingsscenario som skulle kunna ge störst skada är den som innebär påsegling med ett stort fartyg under brant vinkel mot kajen och med relativt hög fart. Maximala kajlaster bedöms kunna uppstå vid en påsegling i 6 knop (maxhastigheten 7 knop reduceras vid gir), under en påseglingsvinkel om 30°, med ett fartyg av maximalt displacement på cirka 5 000 m³.

Även om det finns fartyg med överhäng eller utskjutande matarband i fören, som Nordanvind eller Solskär, utgör inte sådana matarband en fast del av fartyget. De kan skada byggnaden vid eventuell kontakt med fasaden men bedöms inte kunna äventyra byggnadens struktur.

Konsekvenserna för en eventuell påsegling beror på flera faktorer, främst fartygets penetrationsdjup och på vilken vertikal nivå kontakten sker med byggnaden, samt i viss grad på vilken tid av dygnet olyckan sker. Storleksordningen 5-10 personer skulle kunna tänkas omkomma om omfattande skador på fastighetens fasad uppstår som en följd av en kraftig påsegling (med penetration så att mellanväggar och tak rasar in). Under förutsättning att kajen framför byggnaden i Marievik 15 konstrueras utifrån troliga dimensionerande påseglingsscenarier, uppskattas individrisknivån för personer som vistas i byggnaden att bli låg och falla inom de ramar som normalt anses acceptabla med hänsyn till fastighetens planerade användning. Eftersom värsta fall scenarier med påsegling som leder till byggnadskollaps anses ytterst osannolika med hänsyn till den sjötrafik som är aktuell i Hammarbyleden, bedöms det inte relevant att uppskatta och värdera samhällsrisk.

För mer detaljerad beräkning av penetrationsdjup/kajinträngning kan påseglingsscenarion simuleras.

Bland identifierade riskreducerande åtgärder kan framhållas att kajdäcket bör konstrueras så att det separeras från byggnadernas grundstruktur. På så vis kan eventuella påseglingskrafter inte direkt överföras från kajkant till huskropp. Vidare rekommenderas att kajens krönbalk/hammarband utformas med en kontinuerlig fender eller annat arrangemang som medger att ett påseglande fartyg får en glidande kontakt längs kajkanten.

9 Referenser

Eniro, 2013, "Sjökort", <http://kartor.eniro.se/>

Germanischer Lloyd (GL), 2003, "Offshore-Windpark Kriegers Flak, Technische Risikoanalyse", Bericht Nr. ERI 2003.54

Kristiansen, S., 2005, "Maritime Transportation – Safety Management and Risk Analysis"

Länsstyrelsen Stockholm, 2001, "Stockholms läns författningssamling", <http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/Sjotrafik/Dykforbud/1%202001%20138.pdf>

Länsstyrelsen Stockholm, 2003, "Riskanalyser i detaljplaneprocessen", http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2003/R03_15_webb.pdf

MSB, 2013, "Framtidens storstäder", <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27226.pdf>

Sjöfartsverket, 2013, "Hammarbyslussen", <http://www.sjofartsverket.se/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Sodertalje/Farleder--broar/Stockholmsleden/Hammarby-slussen/#sthash.4bXRvxMp.dpuf>

SMHI, 2011, "Uppskattning av ytströmmar, Slussen Etapp 4", kort sammanfattning för Tyréns. Vahil Khodagolian.

SMHI, 2012, SMHI Rapport Nr 2011-61, "Hydrodynamiska utredningar i Slussen-projektet Etapp 4", DNr2011/738/204 Ver1.0. granskad 2012-01-20 Kjell Wickbom.

SKL, 2012, "Transporter av farligt gods, Handbok för kommunernas planering", Sveriges kommuner och Landsting.DNr2011/738/204 Ver1.0. granskad 2012-01-20 Kjell Wickbom

SRV, 1997, "Värdering av risk", <http://rib.msb.se/Filer/pdf%5C9838.pdf>

SSPA. (2011-12-21). SSPA Rapport 20095258-04, Projekt Slussen, Maritima risker under byggtiden - Riskbedömning .

SSPA. (2012). Riskanalys Mälarprojektet SSPA Rapport Nr 20116032.

SSPA, 2008, "Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms", Project 2005-4028

Transportstyrelsen, 2015, "Inlandssjöfart (inre vattenvägar)", <http://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Inlandssjofart/>

Stockholms Hamnar (STH), 2013, - kontaktperson: Anita Krafft och Lena Fogelberg

Equator, 2015, - kontaktperson: Jana Becker

Brunnberg & Forshed Arkitektkontor AB: kontaktperson: Björn Holm

Foto: Anders Winter, <http://www.tugboatlars.se/JehanderBat.htm>

B. Forsman

A. Bakosch