

# Teknisk beskrivning för Projekt Kappelshamn

## Kappelshamn, Gotland



FORTIFIKATIONSVERKET



SJÖFARTSVERKET

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund .....	5
1.2	Syfte .....	5
2	Orientering .....	5
2.1	Orientering och befintlig anläggning .....	5
2.2	Angränsande verksamheter .....	8
3	Översiktlig beskrivning av ny hamnutformning .....	9
4	Utförda utredningar och undersökningar.....	10
5	Förutsättningar .....	10
5.1	Geodetiska referenssystem.....	10
5.2	Batymetriska förhållanden.....	10
5.3	Ytbeskaffenhet.....	10
5.4	Geotekniska förhållanden .....	12
5.4.1	Jordegenskaper .....	13
5.5	Hydrografiska och meteorologiska förutsättningar .....	13
5.5.1	Vattenstånd.....	13
5.5.2	Hydrografi.....	14
5.5.3	Isförhållanden .....	14
5.5.4	Vind .....	15
5.6	Ledningar.....	16
5.7	Markmiljö.....	16
5.7.1	Hamnplan .....	16
5.7.2	Sediment .....	16
6	Planerade åtgärder .....	17
6.1	Rivning .....	17
6.1.1	Befintlig kajkant.....	17
6.1.2	Befintlig vågbrytare.....	18
6.1.3	Befintlig pir .....	18
6.1.4	Befintlig vågbrytare vid småbåtshamnen.....	19
6.1.5	Hantering av rivningsmaterial .....	20
6.2	Muddring.....	20
6.2.1	Muddring allmänt .....	20
6.2.2	Muddringsvolymmer.....	22
6.2.3	Muddringsmetoder .....	23
6.2.4	Genomförande, metoder och tider för muddring.....	26
6.2.5	Hantering av muddermassor.....	27
6.3	Byggnation av hamnplan och tillhörande kajkonstruktioner.....	31

6.3.1	Spontkonstruktion .....	32
6.3.2	L-stöd i betong .....	33
6.3.3	Betongkassuner .....	34
6.3.4	Påldäckskaj .....	35
6.4	Byggnation av vågbrytare med integrerad kaj .....	35
6.4.1	Delen av vågbrytare i nord-sydlig riktning av stenmaterial .....	36
6.4.2	Spontkonstruktion för vågbrytaren .....	36
6.4.3	L-stöd i betong .....	38
6.4.4	Betongkassuner .....	38
6.4.5	Påldäckskaj .....	38
6.5	Byggnation av ny pir .....	39
6.5.1	Betongkassuner .....	40
6.5.2	Påldäckskaj .....	40
6.6	Byggnation av flytbrygga vid småbåtshamnen .....	41
6.7	Hamnområdets nyttjande och tillgänglighet .....	41
6.8	Farledsutmärkning .....	42
6.9	VA och el .....	45
7	Tidplan .....	45

## Bilagor

Bilaga B1 Kartfigur över muddringsområden och hamnutformning.

Bilaga B2 Kartfigur över dumpningsområdet.

Bilaga B3 Illustration av den nya hamnutformningen.

Bilaga B4.1-B4.2 Kartfigur över fast utmärkning

Bilaga B5 PM Geoteknik

## Begreppsförklaring

tfm <sup>3</sup>	Volymangivelsen av muddermassorna. Utgår från teoretisk beräknad mängd, dvs fast mått, utan svällning.
Minsta djup	Minsta fysiska avstånd mellan fastställd referensnivå (0-nivån i RH2000) och botten.
Farledsyta	Farledsyta i denna tekniska beskrivning motsvaras av den yta som definieras som zon A i figurerna.
Vändyta	Vändytan i denna tekniska beskrivning motsvaras av den yta som definieras som zon B i figurerna.
Hamnbassäng	Hamnbassängen i denna tekniska beskrivning motsvaras av de ytor som definieras som zon C-F i figurerna.
Övermuddring	Övermuddring är den extra muddring (marginal) som i praktiken alltid måste ske för att säkerställa att önskat minsta djup uppnås.
Ramfritt djup	Att ett djup är ramfritt innebär att djupet både kontrollerats med ekolodning och med en balk (ram) som dragits över botten.
Farledsutmärkning	En farled kan märkas ut med olika typer av sjömärken, såsom fyrar, bojar och prickar.
Föroreningsklass 1-5	Föroreningsklasser, i första hand baserade på bedömningsgrunder från Naturvårdsverket och SGU, för att klassificera föroreningshalter i sediment.
Småbåtshamn	Småbåtshamnen i denna tekniska beskrivning definieras som zon G i figurerna.
Arbetsområde	Områden inom vilka muddring, rivning och byggnation av hamnanläggning samt utmärkning ska utföras. Inom arbetsområdet ingår även en 50 meters marginal runt muddringsområdena där etablering av mudderverk kan ske under arbetets genomförande. Inom dessa 50 meter sker dock ingen muddring och dessa ytor tas endast tillfälligt i anspråk.

## 1 Inledning

### 1.1 Bakgrund

Hamnen i Kappelshamn ägs sedan 2016 av Fortifikationsverket, som har i uppdrag av Försvarmakten att utveckla hamnen för Försvarmaktens behov.

Under Försvarmaktens och Fortifikationsverkets planeringsarbete aktualiserades frågan om en reservhamnskapacitet inom ramen för Försvarmaktens etablering, som under lång tid har diskuterats och där Trafikverket fick i uppdrag att utreda förutsättningar för reservhamnskapacitet på Gotland (Regeringsuppdrag 20 juni 2023). Trafikverkets utredning (Regeringsrapport 30 nov 2023) pekade ut Kappelshamns hamn som den bästa lokaliseringen, utifrån naturliga förutsättningar och geografiskt läge, som reservhamn till Visby hamn.

Trafikverket har i sitt utredningsarbete föreslagit en samlokalisering, där hamnen samordnat utvecklas för Försvarmaktens behov samtidigt som hamnen ska kunna utgöra reservhamnskapacitet till Visby hamn för den statligt upphandlade regionaltrafiken. En förutsättning för tillskapande av reservhamnskapacitet i Kappelshamn är att den integreras i den militära hamnen som planeras för Försvarmaktens behov.

Befintlig hamnanläggning i Kappelshamn är i dåligt skick och belagd med nyttjandeförbud för Försvarmakten och hamnen planeras därför att rivas och byggas om.

### 1.2 Syfte

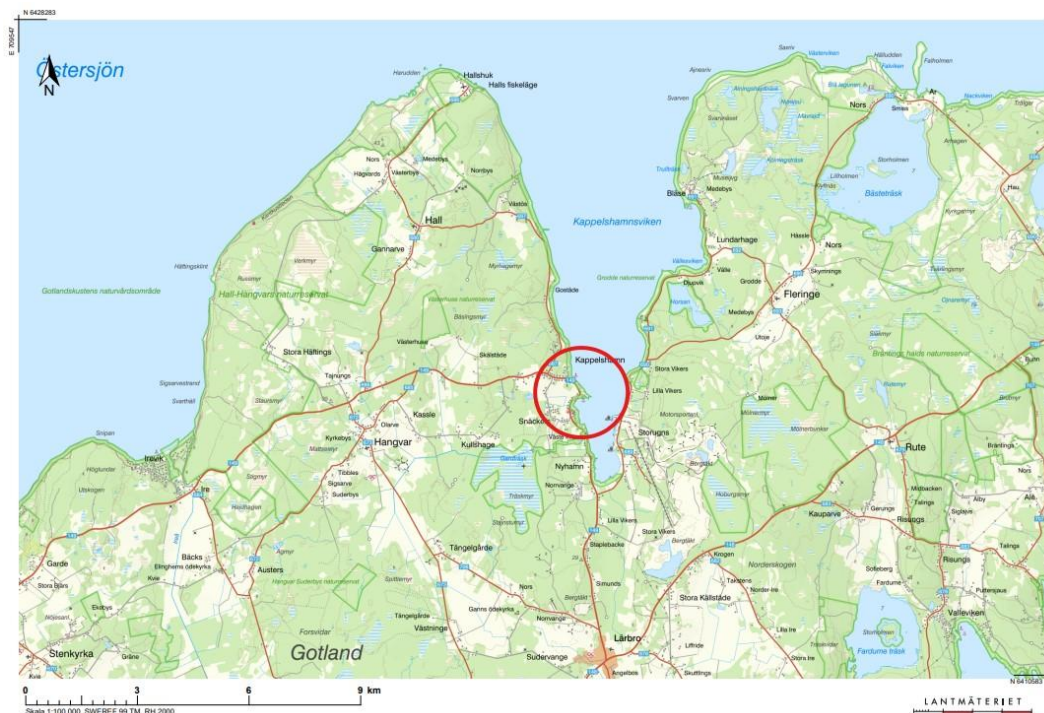
Planerade åtgärder är tillståndspliktiga enligt miljöbalken och syftet med denna tekniska beskrivning är att beskriva de åtgärder som tillståndsansökan innefattar samt beskriva de anläggningsarbeten och tekniska installationer som planeras.

Den tekniska beskrivningen utgör bilaga till ansökan om tillstånd för miljöfarlig verksamhet och vattenverksamhet enligt miljöbalken för ut- och ombyggnationen av hamnen. Den tekniska beskrivningen omfattar rivning av befintliga hamnkonstruktioner, utfyllnader, ny vågbrytare, kaj- och pirkonstruktioner inklusive övriga hamnytor samt muddring, dumpning och uppförande av fast farledsutmärkning.

## 2 Orientering

### 2.1 Orientering och befintlig anläggning

Kappelshamns hamn är lokaliserad på västra sidan av Kappelshamnsviken som ligger på nordöstra Gotland, se Figur 1. Kappelshamnsviken består av en djupränna som sträcker sig in i den cirka 11 kilometer långa viken.



Figur 1. Kappelshamns hamnlokalisering på nordöstra Gotland. Hamnen är inringad i rött.

Kappelshamn är ett mindre samhälle omringat av stränder och hållmarker som präglas av kalksten. På östra sidan av viken, vid Storugns, ligger ett kalkbrott och ett kalkbruk.

Strax söder om Fortifikationsverkets fastighet, Gotland Hangvar Flenvike 1:91, ligger Kappelshamns småbåtshamn.

Befintliga anläggningar i Kappelshamns hamn har uppnått sin tekniska livslängd. Inspektion av hamnanläggningarna utfördes 2022 och större delen av kajkonstruktionerna i västra delen av hamnen konstaterades då ha omfattande skador. Även ramp, pir, fenderverk och landgångar mellan kassunerna är i bristfälligt skick. En ny kajkonstruktion behöver därför tas fram samtidigt som hamnen anpassas för framtida behov och krav. Se Figur 2 för flygfoto över befintlig hamn.



Figur 2. Flygfoto över befintlig hamn.

## 2.2 Angränsande verksamheter

Angränsande verksamheter till Kappelshamns hamn är Kappelshamns småbåtshamn samt Nordkalk AB. Småbåtshamnen (röd markering i Figur 3 nedan) har sin verksamhet på fastigheten Gotland Hangvar Flenvike 4:2 som är direkt angränsande till hamnområdet.

På andra sidan viken från Kappelshamn sett, vid Storugns, har Nordkalk (blå markering i Figur 3 nedan) en av de största kalktäckerna i Skandinavien. Kalksten skeppas därifrån och ut till olika destinationer i Östersjön.



Figur 3. Närliggande verksamheter till det nya hamnområdet. Småbåtshamnen inringad i rött och Nordkalks verksamhet vid Storugns i blått.

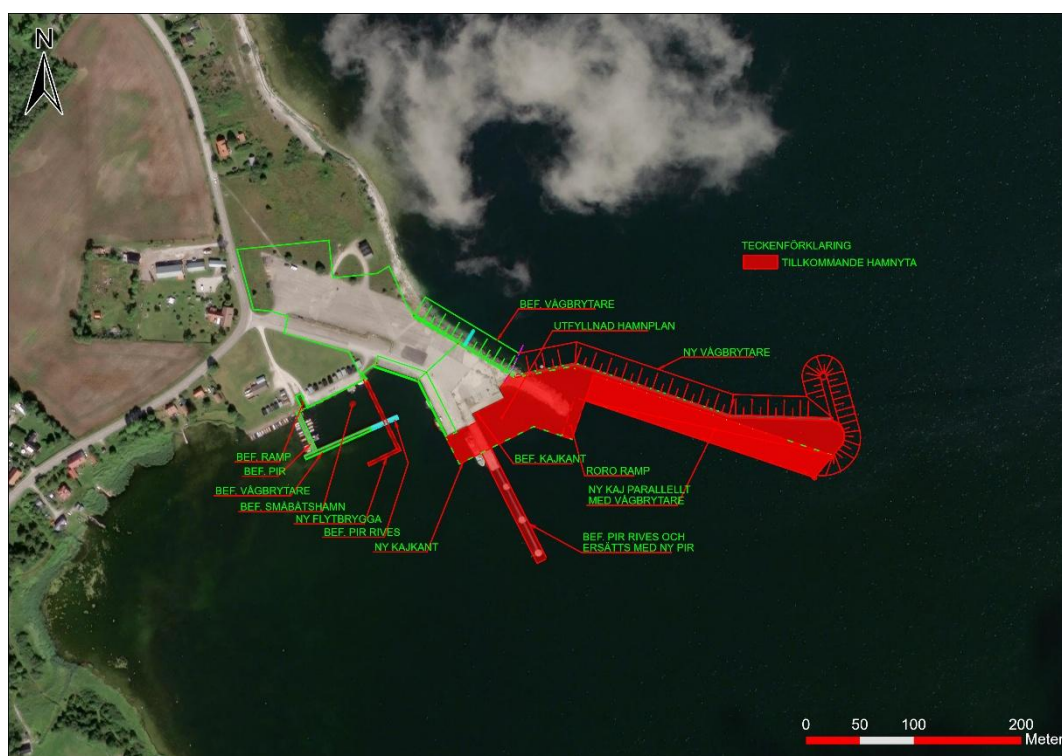
### 3 Översiktlig beskrivning av ny hamnutformning

Befintlig kajkonstruktion, pir och hamnplan i Kappelshamns hamn kommer att rivas genom att betongen krossas och asfaltsbeläggningen bryts upp. Denna del av rivningsarbetet görs från land. Materialet kommer sedan att sorteras efter fraktion och i mesta möjliga mån återanvändas i den nya kajkonstruktionen.

Befintlig vågbrytare breddas och förlängs och kommer att sträcka sig cirka 250 meter från hamnplan. Innanför vågbrytaren kommer en cirka 225 meter lång kaj att anläggas parallellt med vågbrytaren.

Den nya inre piren som uppförs kommer sträcka sig cirka 115 meter från hamnplan. Konstruktionen utförs på ett sådant sätt att vattenflöde möjliggörs under piren.

Vid den intilliggande småbåtshamnen på fastigheten Gotland Hangvar Flenvike 4:2 kommer den yttre delen av befintlig pir att rivas och en flytbrygga anläggs för att fungera som vågbrytare för småbåtshamnen. Flytbryggan utformas så att den kan ta upp vågornas energi framför allt i riktning från söder men även för vågor från sidan (från öster). Se Figur 4 och bilaga B3 för illustration av den framtida utformningen av kaj, pir och vågbrytare.



Figur 4. Ritning över den nya hamnutformningen (tillkommande ytor i rött) med flygfoto över befintlig hamn som bakgrund. Den streckade ytan på norrsidan av vågbrytaren illustrerar slänterna i konstruktionen.

Åtgärderna innebär också en anpassning av farledsytan vilket innebär att muddring för breddning och fördjupning behöver utföras. Muddringsåtgärder kommer att utföras i delar av befintlig farled, vändyta samt hamnbassäng för att uppnå önskat djup. Muddring planeras även för området i den intilliggande småbåtshamnen. Se Figur 13 under avsnitt 6.2.1 för muddringsområdenas placering.

## 4 Utförda utredningar och undersökningar

Utredningar har genomförts för att karakterisera muddermassorna. Några av de för den tekniska beskrivningen mest relevanta undersökningarna listas nedan.

Tabell 1. Urval av genomförda utredningar och PM.

Nr.	Titel	Upprättad av	Datum
1	PM och markteknisk undersökningsrapport Geoteknik	AFRY	2024-10-18
2	Kompletterande sedimentundersökning i Kappelshamn, Gotlands kommun	AFRY	2023-05-10
3	PM Miljöteknisk undersökning Kappelshamn	AFRY	2024-10-23
4	PM Asfaltsprovtagning inom del av fastighet Gotland Hangvar Flenvike 1:91 och undersökning av sediment i Kappelshamnsviken	AFRY	2024-08-23
5	Kompletterande undersökning av sediment i Kappelshamnsviken	AFRY	2025-06-27
6	Kompletterande undersökning av sediment i småbåtshamnen	AFRY	2026-05-08

## 5 Förutsättningar

### 5.1 Geodetiska referenssystem

Som koordinatsystem används SWEREF 99 18 45 och som höjdsystem används RH2000. Alla nivåangivelser i denna tekniska beskrivning refererar till 0-nivån i RH2000.

### 5.2 Batymetriska förhållanden

Marken inom hamnplanen i Kappelshamns hamn ligger på nivåer mellan cirka +2 m och +3 m. Inom vändytan, som knyter samman hamnbassängen och farleden, avtar bottennivån från cirka -6 m närmast Kappelshamns hamn till cirka -7,5 m närmast farleden. Inom farleden är bottennivån cirka -7,5 till -10 m i höjd med hamnområdet och djupet i farleden ökar sedan ju längre norrut man rör sig.

### 5.3 Ytbeskaffenhet

Ytorna i befintlig hamnplan utgörs huvudsakligen av hårdgjorda ytor, där terminalytan till stor del består av äldre uppsprucken och krackelerad asfalt. Det finns en jordslänt med erosionskydd av sten i området närmast angränsande till småbåtshamnen. Kajernas överyta består av asfalt eller betong av varierande kvalitet. Se Figur 5 nedan för exempelbilder över hur befintlig hamn ser ut.



*Figur 5. Foton från befintlig hamn. Överst till vänster: inre kaj, vy mot väst. Överst till höger: terminalyta, vy mot nordväst. Underst till vänster: vågbrytare, vy mot nordväst. Underst till höger: yttre kaj, vy mot väst.*

## 5.4 Geotekniska förhållanden

Utifrån batymetriska förhållanden på platsen delas muddringsområdet in i zoner från A-G, se Figur 6. Geotekniska undersökningar i de områden som motsvaras av zon A-F samt inom Kappelshamns hamns landområde utfördes under 2024 genom provtagning och jord-bergsondering (AFRY, 2024).



Figur 6. Zonindelning för farled (zon A), vändyta (zon B), hamnbassäng (zon C-F) och småbåtshamn (zon G) i Kappelshamns hamn och småbåtshamn.

### *Hamnplan och hamnbassäng*

Inom landytan i befintlig hamn utgörs jordlagren överst av ett cirka 3 m – 5 m tjockt lager av fyllning, ner till nivåer mellan cirka -1 m och -3 m. Fyllningen utgörs av en något siltig till stenig, grusig sand. Under fyllningen följer ett cirka 2 m – 2,5 m tjockt lager av friktionsjord till nivåer mellan cirka -3 m och -5 m. Friktionsjorden vilar på kalkberg.

Inom den västra delen av hamnbassängen utgörs jordlagren överst av ett cirka 0,5 m – 1 m tjockt lager av sediment eller finkorniga jordar, ner till nivåer mellan -5 m och -7 m. Därunder följer ett cirka 0,5 m – 2 m tjockt lager av friktionsjord, ner till nivåer mellan -4 m och -8 m. Friktionsjorden vilar på kalkberg.

Inom den östra delen av hamnbassängen utgörs jordlagren överst av ett cirka 0,5 m – 2 m tjockt lager av sediment eller finkorniga jordar, ner till nivåer mellan cirka -7 m och -9 m. Därunder följer friktionsjord med en mäktighet av cirka 4,5 m eller mer, ner till nivå cirka -12 m eller djupare. Friktionsjorden vilar på kalkberg.

### *Vändyta*

Inom vändytan utgörs jorden överst av ett cirka 0,5 m – 2 m tjockt lager av sediment eller finkorniga jordar, ner till nivåer mellan cirka -7 m och -10 m. Därunder följer friktionsjord med en mäktighet av cirka 1 m – 7 m, ner till nivåer mellan cirka -10 m och -15 m. Friktionsjorden vilar på kalkberg.

### *Farled*

Jordlagren i farleden utgörs överst av ett lager av sediment eller finkorniga jordar som huvudsakligen är 0 m – 1 m tjockt, men mäktigheter upp till cirka 3 m har uppmätts lokalt. Övergången till friktionsmaterial ligger på nivåer mellan cirka -8 m och -11 m. Friktionsmaterialet har mestadels en mäktighet av cirka 0,1 m – 3 m men lagertjocklekar upp till cirka 6 m har påträffats. Berg följer på nivåer mellan cirka -7 m och -14 m.

Inom de östra delarna av farleden är lagret av sediment eller finkorniga jordar cirka 0 m – 2 m tjockt. Övergången till friktionsmaterial ligger på nivåer mellan cirka -6 m och -10 m. Lagret av friktionsmaterial är i huvudsak 0,1 m – 2 m tjockt men mäktigheter upp till cirka 5 m har uppmätts. Berg följer på nivåer mellan cirka -6 m och -13 m.

#### 5.4.1 Jordegenskaper

Utifrån de parametrar som uppmätts i samband med sonderingen har en bedömning av jordarnas relativa fasthet utförts.

Sediment och/eller finkorniga jordar bedöms generellt vara relativt löst lagrade. Dock visade provtagningen av sediment som utfördes 2025 på svårigheter att, i vissa provpunkter, komma djupare ner med den så kallade ryssborren på grund av att sedimenten utgjordes av hårt packad sand. Det friktionsmaterial som följer därunder bedöms ha en normal fasthet motsvarande isälvsmaterial. Inom vissa ytor har friktionsjorden en högre relativ fasthet, vilket bedöms motsvara morän.

## 5.5 Hydrografiska och meteorologiska förutsättningar

### 5.5.1 Vattenstånd

Vattenstånd för Visby framgår i Tabell 2 nedan (hänsyn har tagits för landhöjning).

Tabell 2. Havsvattenstånd från Visby 1995-2022 (beräknat från underlag hämtade från SMHI)<sup>1</sup>. MHW och MLW är definierat som medelvärde av högsta respektive lägsta havsvattenståndet för varje år i tidsserien.

	<b>Enligt RH 2000</b>
Medelhögvatten (MHW)	+0,64 m
Medelvatten (MW)	+0,14 m
Medelågvatten (MLW)	-0,29 m

Havsvattenståndet för Visby station varierar vanligtvis mellan -0,29 m och +0,64 m. Medel- och medianvärdet under tidsperioden var +0,14 m. Anledningen till att vattenståndet i området inte är särskilt högt har att göra med den relativt svaga vinduppstuvningen i området. Det finns ingen barriär som möjliggör att vattennivån kan byggas upp eftersom Gotland ligger mitt i Östersjön. Vid extremväder kan man förvänta sig att vattenståndet blir cirka + 1 m.

### 5.5.2 Hydrografi

Den förhärskande vindriktningen i Kappelshamnsviken är sydvästlig (se Figur 7 och 8). Vikens mynning är inte tillräckligt vid för att påverkas nämnvärt av storskaliga havsrörelser utan vattenutbytet mellan Kappelshamnsviken och omkringliggande vatten är framför allt beroende av lokala förhållanden som vind- och vågdrivna strömmar.

### 5.5.3 Isförhållanden

Havs is bildas väldigt sällan i området kring Gotland och enbart en liten isutbredning förväntas. Under perioden 1980-2022 förekom is endast ett par dagar om året till havs och isvallar var helt obefintliga under samma period<sup>2</sup>. I SMHIs rapport från 2021 förväntas isutbredningen och issäsongens längd minska i ett 20- och 50-årigt framtidsscenario för Östersjön<sup>3</sup>.

Enligt lokal kontakt i Kappelshamn sker isläggning relativt sent i Kappelshamnsviken. Isbildning förekom i början av 2026 och enligt uppgift innan dess 2015-2016 samt 2011.

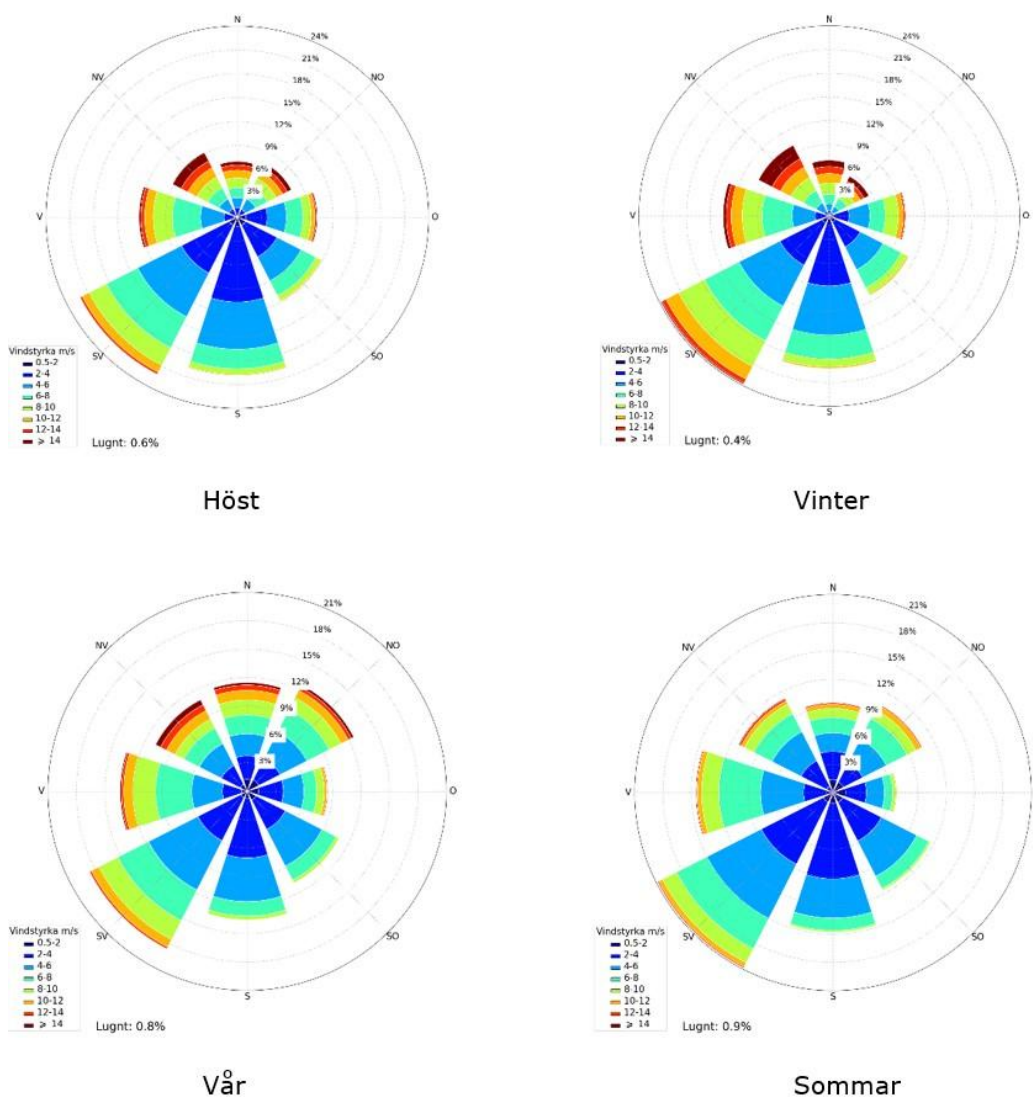
<sup>1</sup>Ladda ned observationer från havet. 2025. <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-observationer-fran-havet/sealevelrh2000/2080>

<sup>2</sup> M.Tikanmäki, J. Heinonen. Design sea ice conditions for offshore wind power in the Baltic Sea. *Cold Regions and Technology* (2025). <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2025.104463>

<sup>3</sup> P.Pemberton, L.Lind. Framtida isutbredning i svenska farvatten. *SMHI* (2021). <https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2021-09-29-framtida-isutbredning-i-svenska-farvatten---analys-av-isforhallandena-runt-ar-2040-och-2070>

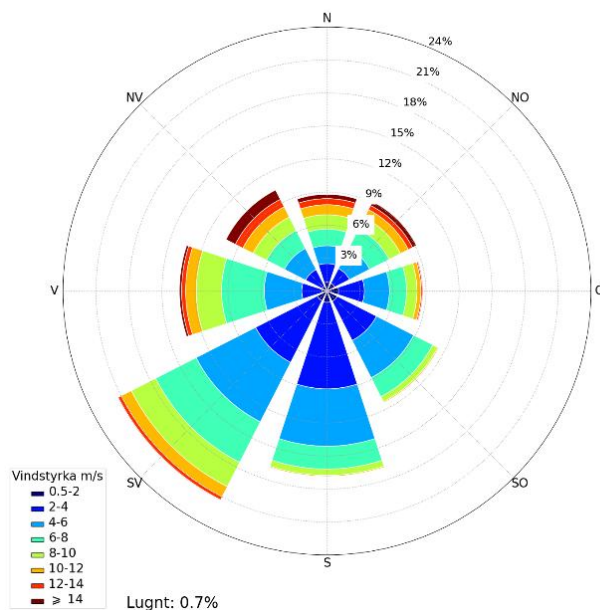
### 5.5.4 Vind

Vindrosorna i figurerna nedan visar vindriktningsförhållandena och fördelningen på 8 vindriktningar och 8 vindhastighetsklasser förutom lugnt (0-0,5 m/s). Underlaget till vindrosorna är observationer varje timme vid den meteorologiska stationen Fårösund Ar under 15 år, 2010-2024<sup>4</sup>. Fårösund Ar är närmaste representativa vindstation för Kappelshamn. Vinden som anges är 10 minuters medelvind och gäller på 10 meters höjd över mark. Vindriktningen anger den riktning varifrån vinden kommer. Ringar som anger andel av tiden i procent finns utritade. Vindhastighetsklasserna förklaras i figurerna nedan. Figur 7 visar vindros för de fyra årstiderna och Figur 8 visar vindros för hela året.



Figur 7. Vindros producerad av SMHI som beskriver vindfördelningen 2010-2024 för olika perioder: höst, vinter, vår och sommar.

<sup>4</sup> Ladda ner väderobservationer — SMHI



Figur 8. Vindros som beskriver vindfördelningen 2010-2024 för hela året.

## 5.6 Ledningar

Utdrag ur Ledningskollen visade att Skanova, Gotlands Energi AB och GlobalConnect har ledningar på land i hamnområdet. Hantering av befintliga ledningar som kan komma att påverkas av rivningsarbeten och/eller nybyggnationen kommer att planeras i samråd med berörda ledningsägare.

Det finns ingen kännedom om befintliga ledningar i vattenområdet som ska muddras.

## 5.7 Markmiljö

### 5.7.1 Hamnplan

En miljöteknisk undersökning avseende asfalt har genomförts inom hamnområdet. Utredningen syftade till att klargöra föroreningsituationen i asfalt och underliggande bärlager samt ge underlag för fortsatt projektering av kaj och hamnplan.

Genomförda undersökningar har visat att föroreningsbelastningen med avseende på asfalt och underliggande bärlager inom befintlig hamnplan är hög i förhållande till jämförbara riktvärden och förekommande föroreningar utgörs huvudsakligen av PAH:er från tjärasfalt.

### 5.7.2 Sediment

Sedimentprovtagning i muddringsområdet har utförts i flera omgångar i syfte att utreda föroreningsituationen i bottensedimenten inför planerad muddringsåtgärd.

Analysresultaten visar att föroreningar i sedimenten, både avseende halter och utbredning, främst förekommer närmast befintliga kajer. Dessa områden är särskilt belastade med föroreningar avseende PAH, metaller och tennorganiska föreningar i

nivåer som motsvarar klass 4-5 enligt bedömningsgrunder från SGU<sup>5</sup> och Naturvårdsverket<sup>6</sup>.

Föroreningsituationen i övriga muddringsområden bedöms som låg.

Sedimentprovtagning i småbåtshamnen (zon G) har också utförts och resultaten visar på liknande föroreningsförekomst som i områdena närmast kajerna i Kappelshamns hamn. Föroreningshalterna i sedimenten i småbåtshamnen motsvarar klass 4-5-nivåer.

## 6 Planerade åtgärder

### 6.1 Rivning

Befintliga kajkanter (Figur 9) kommer att rivas. Även befintlig pir (Figur 11) samt del av vågbrytare (Figur 10) och del av vågbrytare i småbåtshamnen (Figur 12) kommer att rivas. Befintlig asfalt och underliggande bärlager i nuvarande hamnplan kommer att rivas och schaktas bort.

#### 6.1.1 Befintlig kajkant

Den befintliga kajkanten består av ett flertal olika konstruktioner såsom betongkonstruktioner, stenkistor i trä, betongpelare med betongdäck samt träpelare/träspont.

Dessa konstruktioner rivs i sin helhet med undantag från betongpelare som kan integreras i den nya hamnplanen. Rivningen sker från land med hjälp av gräv- och bilningsmaskin.



Figur 9. Befintlig kajkant.

<sup>5</sup> SGUs rapport "Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment" (2017).  
<https://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1712-rapport.pdf>

<sup>6</sup> Naturvårdsverkets rapport 4914 "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav" (1999).

### 6.1.2 Befintlig vågbrytare

Befintlig vågbrytare (Figur 10) integreras i nya hamnplanen. Den södra delen demonteras i erforderlig omfattning. Material från vågbrytaren återanvänds i den mån det är möjligt i den nya vågbrytaren och angränsande konstruktioner och/eller utfyllnad av hamnplan.



Figur 10. Befintlig vågbrytare.

### 6.1.3 Befintlig pir

Befintlig pir (Figur 11) består av två delar. Delen närmast hamnplanen utgörs av betongpelare med diametern 1,2 m, som är grundlagda på berg, med ett ovanpåliggande betongdäck. Den yttre delen avslutas med ett tvärgående skivstöd i betong grundlagt på berg. Resterande del av piren består av gångbryggor i stål som är grundlagda på betongkassuner med diameter cirka 13 m. Konstruktionen rivs i sin helhet.



Figur 11. Befintlig pir.

#### 6.1.4 Befintlig vågbrytare vid småbåtshamnen

Den yttersta delen av befintlig vågbrytare i småbåtshamnen består av ett betongdäck, sannolikt grundlagt på grövre betongpelare. Denna del av vågbrytaren (cirka 27 meter) rivs i sin helhet (se Figur 12 nedan).



Figur 12. Befintlig vågbrytare i småbåtshamnen.

### 6.1.5 Hantering av rivningsmaterial

Rivningsmaterial kommer i mesta möjliga mån att återanvändas för utfyllnad i den nya kajkonstruktionen, i hamnplan och vågbrytare. Asfalt och underliggande bärlager i befintligt hamnplan har konstaterats vara förorenat och kommer därför att omhändertas på extern mottagningsanläggning. Eventuella rena schaktmassor (från land) under bärlagret är möjliga att återanvända i konstruktionen men bör då föregås av kompletterande provtagning och kontroll avseende föroreningsinnehåll.

Rivningsmaterial i form av betong lyfts upp på land och separeras från armering. Eventuell förorenad betong transporteras till godkänd mottagningsanläggning, övrig betong som konstaterats fri från förorening används som utfyllnadsmaterial i konstruktionen. Kontroll avseende betongens eventuella föroreningsinnehåll görs i samband med rivningsarbetet.

Rivningsmaterial bestående av järnskrot såsom armeringsjärn och rester från stålkonstruktioner transporteras till anläggning för återvinning. Impregnerat trä omhändertas på godkänd mottagningsanläggning alternativt skickas till energiåtervinning genom förbränning.

## 6.2 Muddring

### 6.2.1 Muddring allmänt

Muddringsåtgärderna innebär en sjösäkerhetsanpassning av ny farledsyta samt vändyta till Transportstyrelsens nationella samt PIANC´s internationella rekommendationer avseende sjösäkerhet och farledsutformning.

PIANC´s och Transportstyrelsens rekommendationer har till uppgift att, med utgångspunkt från fartygens storlek, farledsytans beskaffenhet och lokala förhållanden, ge riktvärden för djup och farledsytans omfattning. Rekommendationerna skapar en god säkerhetsmarginal för det tonnage farleden konstrueras för. Farledsytan samt vändytans utformning har verifierats vid simuleringar i Sjöfartsverkets simulator under 2024. Utformningen av hamnbassängen dimensioneras också utifrån Försvarmaktens behov. De ytor som ska muddras framgår i Figur 13 nedan.

Farledsytan definieras som område A, vändytan som område B, hamnbassängen som område C-F och småbåtshamnen som område G.

I muddringsytorna ingår muddringsytor för slänter. Slänter planeras generellt utföras med lutning 1:2.



Figur 13. Figur som visar den nya hamnanläggningens utbredning samt muddringsytor.

Muddringsarbetena kommer att planeras och utföras så att de ej hindrar övrig fartygstrafik.

### 6.2.2 Muddringsvolym

Beräknad volym vid muddring ner till ramfritt djup, inklusive uttag för teoretiska slänter (1:2) i förekommande fall, uppgår totalt till cirka 540 000 tfm<sup>3</sup>, inklusive övermuddring.

I praktiken sker alltid en viss övermuddring för att säkerställa att önskat minsta djup uppnås. Övermuddringen varierar beroende på bottenmaterial och muddermetod men beräknas vara cirka 0,5 m i genomsnitt.

Volymer och areor i respektive muddringsområde redovisas i Tabell 3. Samtliga volymbereäkningar utgår från sjömätning som uppfyller internationell standard (FSIS 44). Bergvolymen är beräknad utifrån sonderad bergbotten och till nytt ramfritt djup.

I zon E, G samt delar av zon C och D avses massor motsvarande klass 4–5 muddras med miljöskopa för att minska grumling och partikelspridning. Massor av klass 4–5 avses så långt som möjligt nyttiggöras i konstruktionen men om de inte anses lämpliga i konstruktionen kommer de att omhändertaras och köras till godkänd landdeponi.

I hamnbassängen samt småbåtshamnen, (zon C-G i Figur 13) beräknas cirka 11 000 tfm<sup>3</sup> utgöras av sediment av föroreningsklass 4–5.

Figur 14 visar de ytor som utgörs av förorenade sediment av klass 4-5 (orange ytor) samt de ytor som utgörs av sediment av klass 1-3 (gröna ytor).



Figur 14. Områden med förorenade sediment av föroreningsklass 4-5 i orange samt områden med sediment av föroreningsklass 1-3 i grönt.

Tabell 3. Beräknade muddringsvolym och muddringsarea för respektive muddringszon.

Zon	Muddringsvolym (t <sub>fm</sub> <sup>3</sup> )		Muddringsarea (m <sup>2</sup> )	
	Muddermassor totalt	Varav berg	Totalt	Varav berg
A	111 500	450	83 000	3 000
B	270 500	40	98 400	140
C	116 600	8 300	39 900	8 100
D	27 000	8 100	13 600	8 000
E	3 400	300	2 500	1 200
F	6 700	0	8 000	0
G	2 200	0	4 300	0
Totalt A-B (farled och vändyta)	382 000	490	181 400	3 140
Totalt C-G (hamnbasäng inkl småbåtshamn)	155 900	16 700	68 300	17 300
<b>Totalt</b>	<b>537 900</b>	<b>17 190</b>	<b>249 700</b>	<b>20 440</b>

### 6.2.3 Muddringsmetoder

Det finns ett antal olika metoder för upptagning av muddermassor från havsbotten. Valet styrs av faktorer som volym, aktuellt djup, jordartsfördelning, toleranskrav, spill, entreprenörens utrustning, etc. De metoder som mest sannolikt kommer att användas i dessa muddringsområden är grävuddring och borrhning och sprängning (för bergmuddring). Eventuellt kan sugmuddring bli aktuellt.

#### 6.2.3.1 Muddring lösa massor

Enskopeverk är en större grävmaskin fast monterad på en pråm försedd med stödben, som under grävning står förankrad på havsbotten. Mudderverket lastar materialet till bottentömmande pråmar som forslar materialet till dumpningsområdet.

Pråmarna kan vara självgående eller bogserade av bogserbåtar.

Enskopeverk, se Figur 15, används huvudsakligen vid schakt av hårt material, dvs material med stort innehåll av sten/block, t.ex. morän, men kan även användas för alla typer av material och slänter, samt grundområden där sugmudderverk ej har åtkomst. Enskopeverk finns i ett flertal storlekar, allt ifrån mindre grävmaskiner på ca 30 ton monterade på pråmar, till större verk med en maskinvikt på ca 900 ton.

Mudderpråmar är vanligast i storleksintervallet från ca 200 m<sup>3</sup> upp till ca 2 000 m<sup>3</sup> lastutrymme.



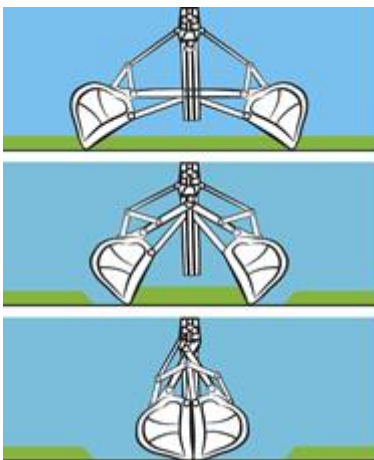
Figur 15. Exempel på mudderverk för grävuddring.



Figur 16. Självgående mudderpråm.

#### Miljöskopa

Muddring av förorenade sediment kommer att utföras genom att ett enskopeverk utrustas med miljöskopa, se Figur 17. Miljöskopan är en gripskopa som efterlämnar en relativt plan botten och som sluter tätt för att få med sig ett minimum av vatten. Den slutna skopan innebär vidare att partikelspridning/spill till omgivande vatten minimeras.



Figur 17. Illustration av miljöskopa.

#### Sugmudderverk, (Trailer Suction Hopper Dredger, TSHD)

Självgående sugmudderverk arbetar enligt olika varianter, som alla innebär att bottenmaterialet sugs upp genom ett rörsystem. En vanlig teknik utgör en kombination av spolning och sugning.

Spolningen luckrar upp materialet som sedan sugs upp till ett lastutrymme på själva mudderverket. Mudderverket rör sig sakta framåt under muddringsoperationen. Denna metod förutsätter att en viss mängd vatten tillförs vid uppsugning till lastutrymmet.

De största sugmudderverken är i de flesta fall utrustade med ett sugrör per sida, vilket innebär att man muddrar ungefär fartygets bredd, motsvarande cirka 15-20 m. Tömning av lastrummet sker genom luckor/ventiler i botten på fartyget.

Självgående sugmudderverk är flexibla i och med att de inte är förankrade, varken med hjälp av stödben eller med hjälp av vajrar. Detta innebär att trafiken påverkas minimalt.

Metoden innebär också att man oftast måste komplettera med en utrustning med förmåga att jämna botten för att trailerns sugfot inte ska riskera att hamna i tidigare bildade fåror. Vid muddring i hård lera bildas ryggar och fåror av sugmunstycket. För att effektivisera muddringen samt släta ut botten, används en "plog" som avjämnar ryggarna mellan fåror. "Plogen" är en cirka 20 ton tung balk som hänger ner från en bogserad pråm och släpas längs havsbotten.

De största muddringsvolymerna förekommer i zon B. Det är också i dessa områden som sugmuddring i huvudsak bedöms kunna ske, med undantag av slänter och grundare områden, d v s bottendjup mindre än cirka 7,0 m.

Mudderverken finns i storlekar om ca 1 000-30 000 m<sup>3</sup> lastutrymme. Metoden passar för material med muddringsbarhet upp till styv lera.



Figur 18. Sugmudderverk.

#### 6.2.3.2 Muddring berg

Vid borrning och sprängning under vattenytan sker arbetet från en plattform (Figur 19), som vid borrning står stadigt på stödben i plattformens hörn, en s k Jack-up rigg. Plattformen är utrustad med borrhög och sprängmedel. Borrningen sker i ett mönster, med håll- och radavstånd beräknade med hänsyn till pallhöjd, styckefall, vibrationsgränser etc. Laddningsmängden är cirka 1 kg sprängmedel/m<sup>3</sup> sprängt berg. I samband med borrning sker också en ramp-up för att trimma in tekniken och för att skrämja bort eventuella djur som vistas i närområdet.

Före sprängning av varje salva säkerställs att obehöriga (båtar, dykare, badande) inte uppehåller sig inom gällande säkerhetsavstånd. Akustiska signaler, t.ex. från s.k. pingers, används vid behov som komplement för att skrämja bort fisk och marina däggdjur från arbetsområdet vid sprängningens genomförande.

Efter att berget lossållits via sprängning muddras det med ett enskopeverk och lastas på pråmar.



*Figur 19. Undervattenssprängning där borrhålen borrades från en borrhplattform, en sk jack-up rigg.*

#### 6.2.4 Genomförande, metoder och tider för muddring

Genomförandetiden för ett projekt av denna storlek kan variera beroende på externa faktorer, såsom väderförhållanden samt de begränsningar som föreskrivs för genomförandet med hänsyn till enskilda och allmänna intressen. Under anläggningsskedet arbetar troligtvis 1–2 mudderverk inom arbetsområdet i kombination med en borrhigg. Det är entreprenören som ser till att optimera produktionen utifrån de villkor som mark- och miljödomstolen anger och de geotekniska förutsättningarna.

Arbetet förutsätts pågå 7 dagar per vecka och 24 h per dygn, med begränsningen att sprängningsarbeten endast pågår mellan kl 07:00–22:00 och endast vid god sikt. Borrning inför sprängning kommer att förekomma dygnet runt. Muddrings- och dumpningsarbetet beräknas pågå ca 3-6 månader beroende av faktorerna muddringsmetodik, kapacitet på muddringsutrustningen samt väderförhållanden. I angiven tid ingår etablering/avetablering, muddring av lösa massor och bergmuddring. Beroende på eventuella restriktioner med avseende på t.ex. grumling, arbetsperiod, dygnsarbetstid, bör muddringsarbetena kunna utföras på en säsong.

Tabell 4. Muddringskapaciteter för den typ av mudderverk som bedöms som mest sannolika att användas i Kappelshamn.

Mudderverk	Muddringskapacitet	
	Lösa massor/Lera m <sup>3</sup> /dygn	Berg m <sup>3</sup> /dygn
Enskopeverk (Back-Hoe Dredger)	Ca 5 -7 000	~4 000
Borrigg (Jack-up rigg) Borrning och sprängning, ej muddring (endast losshållning berg)	Ej tillämpbar	~2 000

Innan arbeten med muddring, sprängning och dumpning inleds upprättas en så kallad genomförandeplan. Denna tas fram i samråd mellan beställare och entreprenör och utgör en sammanställning av aktiviteterna inom de olika delområdena, tillsammans med tidsaspekter och föreskrivna restriktioner, rörande till exempel sedimentspridning, buller, vibrationer etc. Genomförandeplanen tar hänsyn till de villkor som fastställts i miljötillståndet för verksamheten och tillhörande kontrollprogram.

Vidare kan den innehålla särskilda regler för samröre med ordinarie trafik, hänsyn till arbeten med ny farledsutmärkning eller anvisningar om tidsmässiga restriktioner för specifika delar av området.

## 6.2.5 Hantering av muddermassor

De alternativ som är aktuella för hantering av muddermassor är:

- återanvändning inom projektet (utfyllnad i konstruktionen)
- dumpning till havs
- omhändertagande på land (extern mottagningsanläggning)

### 6.2.5.1 Återanvändning inom projektet

De olika tekniska lösningarna för kajkonstruktionen på hamnplan och vid vågbrytare kräver bakomliggande utfyllnad. Utfyllnadens omfattning varierar beroende på slutligt val av teknisk lösning. Både icke-förorenade och förorenade muddermassor avses återanvändas i så stor utsträckning som möjligt. Vid återanvändning av icke förorenade muddermassor ska dessa vara lämpade som konstruktionsmaterial för aktuell konstruktion. Avgörande för om massorna är tekniskt lämpliga är dess geotekniska egenskaper och är kopplat till stabiliteten som kan uppnås i konstruktionen. Användning av muddermassor i klass 4–5 i konstruktionen sker i mesta möjliga mån och dessa avses placeras i kajkonstruktionen längs den nya vågbrytaren. För vilken typ av konstruktioner återanvändning av förorenade muddermassor är lämpligt beskrivs närmare under respektive konstruktionsbeskrivning i kapitlen 6.3-6.4 nedan. Främst bör muddermassor bestående av kalkberg användas som utfyllnad. Nedanstående uppställning beskriver typ av utfyllnad beroende på konstruktionstyp.

1) Spontkonstruktion, L-stöd, betongkassun: Utfyllnad av utrymme bakom konstruktionsdelarna.

2) Påldäckskaj: Delvis utfyllnad så att släntfoten hamnar i samma linje som ny kajkant. I detta fall utgör utfyllnaden delvis ett erosionssskydd.

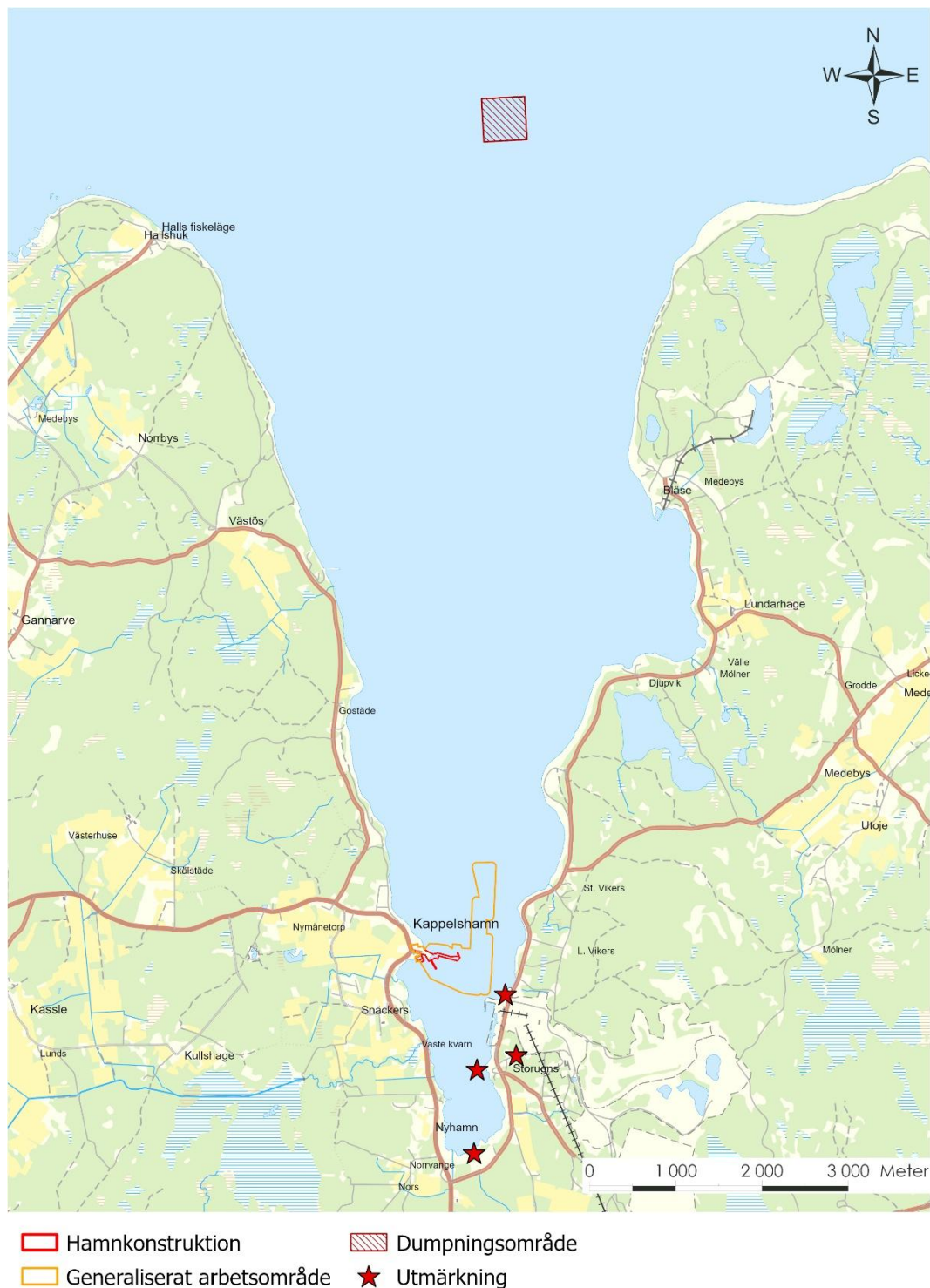
Vilka mängder utfyllnad som de olika konstruktionerna medför kommer att tas fram i samband med detaljprojektering. L-stöd och spontkonstruktion innebär ungefär samma mängd av utfyllnad. Kassuner bygger en del i djupled och fyllnadsvolymen beror på hur utformningen av kassunerna blir. En lösning med påldäckskonstruktion har den minsta fyllnadsgraden då det anläggs en slänt under påldäcket som utformas som erosionsskydd.

#### Hantering av berg

En del av det sprängda bergmaterialet kan möjligen också återanvändas i konstruktionen, t.ex. vid anläggande av vågbrytare eller som utfyllnadsmaterial. En förutsättning för nyttiggörande är dock att önskad kvalitet kan erhållas vid sprängning, gällande till exempel krav på specifika blockstorlekar och inblandning av finmaterial, samt att de olika arbetena kan samordnas tidsmässigt och tekniskt.

#### 6.2.5.2 Dumpning till havs

De massor som inte kan nyttjas i konstruktionen planeras att dumpas inom ett dumpningsområde beläget 9,3 kilometer norr om Kappelshamn, se Figur 20.



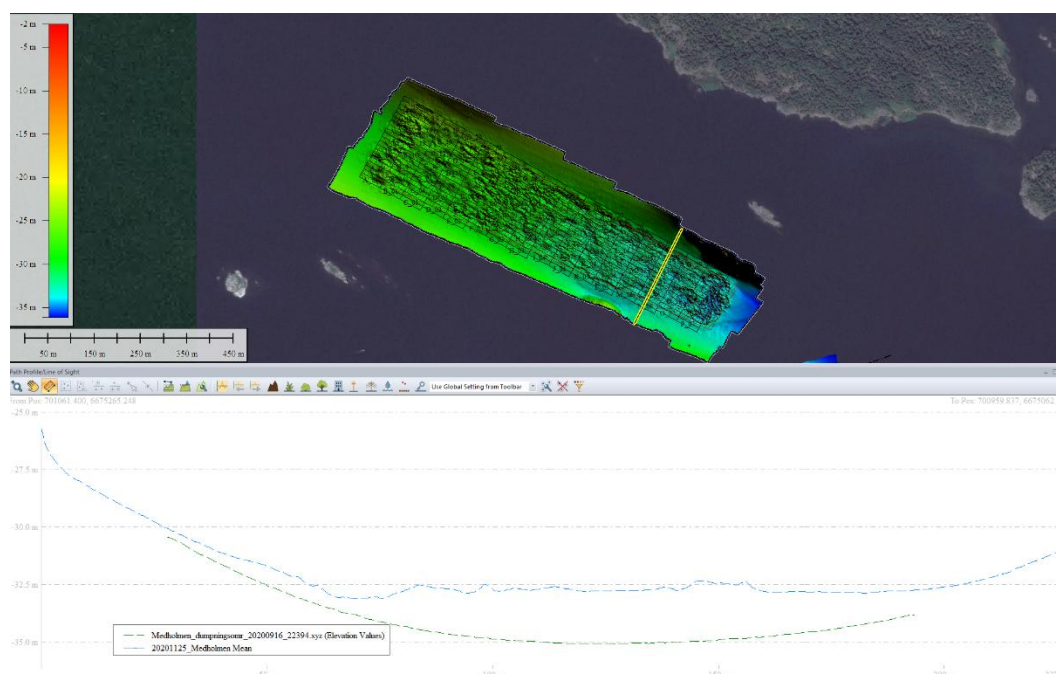
Figur 20. Lokalisering av dumpningsområde i förhållande till Kappelshamns hamn. Det generaliserade arbetsområdet som visas i figuren omfattar samtliga specifika arbetsområden som gäller för respektive muddringsområden samt rivning, byggnation och utmärkning av hamnanläggning som ska utföras.

Dumpningsområdet utgörs av en kvadratisk yta med sidomått cirka 550x550 m. Djupet inom dumpningsområdet är cirka 90 m.

Bottenmaterialet vid dumpningsområdet är förhållandevis fast inom hela området, vilket visades genom de begränsade möjligheterna till provtagning på djupet i

samband med den sedimentundersökning vid dumpningsområdet som genomfördes 2025. Den hårda botten medförde att provtagarens penetrationsdjup begränsades till som mest 15 cm. Särskilt fast var sedimentet vid en av de tre undersökningspunkterna där bara sedimentets ytskikt kunde provtas. Detta utgjordes av fast siltig, sandig lera. Vid de två övriga undersökningspunkterna utgjordes sedimentet av gyttjig silt som från ett sedimentdjup av cirka 5 cm underlagrades av postglacial lera. Vid en av undersökningspunkterna noterades färskt organiskt material ("fluff") på ytan av sedimentet.

Muddermassor avsedda att dumpas transporteras i täta pråmar till dumpningsområdet där det lossas genom botten tömning. Materialet placeras enligt en i förväg upprättad dumpningsplan, så att de fördelas jämnt över hela området. För varje dumpning redovisas vilken dumpningsyta det skett i. Resultatet kontrolleras regelbundet genom uppföljande sjömätning för att möjliggöra justering av dumpningsmönstret och på så sätt erhålla ett bra slutresultat. Sjömätningens intervall fastställs i kontrollprogram.



Figur 21. Exempel på upprättad dumpningsplats från annat projekt. Profilen visar resultatet efter dumpning. Grön linje är bottenprofil innan dumpning, blå linje är bottenprofil efter dumpning.

Volym för dumpning till havs från zon A och B beräknas till cirka 382 000 tfm<sup>3</sup>, om inget material används för nyttiggörande eller hanteras på annat sätt, och består i huvudsak av lösa sediment, finkorniga jordar, sand, morän, sten, block samt kalkberg. Även muddermassor som uppkommer inom hamnbassängen och småbåtshamnen (zon C-G) i projektet, cirka 145 600 tfm<sup>3</sup> (rena massor), avses helt eller delvis dumpas i dumpningsområdet.

Den sammanlagda maximala dumpningsvolymen blir då, om inga massor nyttiggörs eller hanteras på annat sätt, cirka 530 000 tfm<sup>3</sup>.

Bottennivån inom dumpningsområdet blir efter slutförd dumpning, inklusive den volymökning som sker vid losstagnation av massorna, cirka -87 till -88 m. Den dumpade materialvolymens överyta förväntas sjunka något över tiden, till följd av viss konsolidering, i första hand av materialet i sig samt till en mindre del i

underliggande botten. Utbredningen av de dumpade massorna inom dumpningsområdet blir cirka 300 000 m<sup>2</sup>.

#### 6.2.5.3 Omhändertagande på land

Om förorenade muddermassor på grund av sina geotekniska egenskaper inte går att återanvända i konstruktionen, kommer de att transporteras till godkänd mottagningsanläggning (deponi). Överskottsvatten i pråmen släpps då tillbaka i havet på samma plats som muddringen sker. Om muddermassor tas upp på land för att föras till en mottagningsanläggning är jämförelse mot bedömningsgrunder för förorenad jord eller mottagningskriterier för deponering av avfall (NFS 2004:10) relevant för att styra mottagandet och säkerställa korrekt hantering. Närmsta deponi ligger i Roma ca 55 km från Kappelshamn.

### 6.3 Byggnation av hamnplan och tillhörande kajkonstruktioner

Befintlig kaj i den västra delen av hamnplanen som vetter mot småbåtshamnen kommer ersättas med en ny kajkonstruktion i samma linje som befintlig kajlinje. Då den nya kajlinjen inte ska ändras planeras en spontkonstruktion som bakåtförankras i befintlig hamnplan för att minimera schaktarbeten.

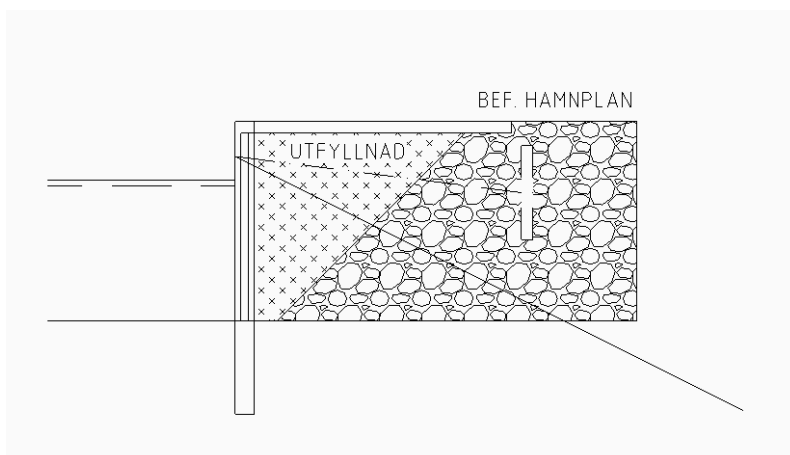
Den södra delen av hamnplanen utökas med cirka 3 200 m<sup>2</sup>. En Ro-Ro-ramp integreras i nya hamnplanen. Rampen möter den nya kajen som integreras i vågbrytaren. Teknisk lösning på kajkonstruktioner i denna del av hamnplanen kommer att utföras enligt något av alternativen i avsnitt 6.3.1 - 6.3.4 nedan. Dessa konstruktionslösningar bedöms vara de mest lämpliga med hänsyn till rådande geotekniska förutsättningar och funktionskrav. Slutligt val av lösning görs av entreprenören.



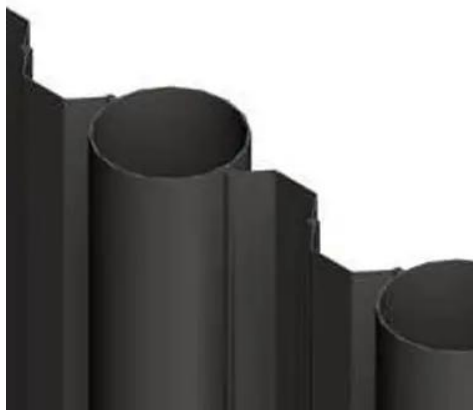
Figur 22. Ny kajkant (västra och södra) vid hamnplan.

### 6.3.1 Spontkonstruktion

Spontkonstruktionen (Figur 23) består av borrade stålrörspålar med mellanliggande spontplankor. Stålrörspålarna borrar ner i kalkberget. Sponten behöver bakåtförankras i hamnplanen, vilket kan göras genom dragstag som borrar i berg alternativt med en ankarplatta som placeras i befintligt stenmaterial. På utsidan skyddas foten mot erosion exempelvis med betongmadrasser eller betongplatta. Eventuellt används katodiskt skydd för att sänka korrosionshastigheten. Området mellan spontvägg och befintlig hamnplan fylls igen med lämpligt fyllningsmaterial, dock ej muddermassor klass 4-5, då dessa istället avses nyttjas i den nya vågbrytarens kajkonstruktion.



Figur 23. Spontkonstruktion i västra delen av hamnplan som vetter mot småbåtshamnen.

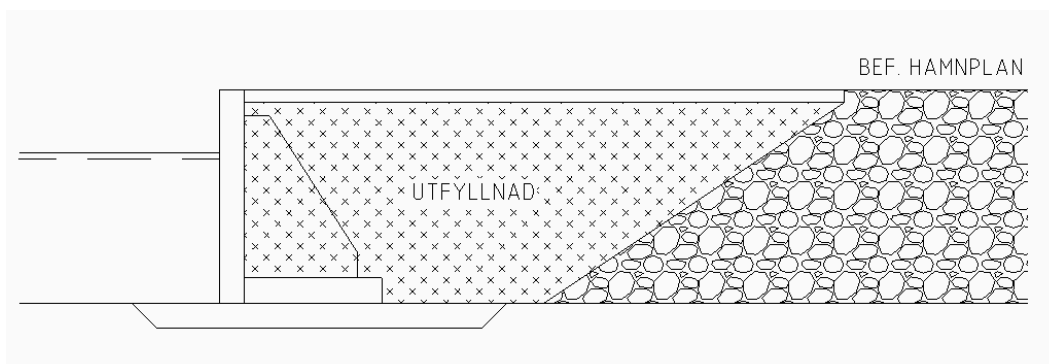


Figur 24. Exempel på kombivägg – borrade stålörspålar och spontplank.

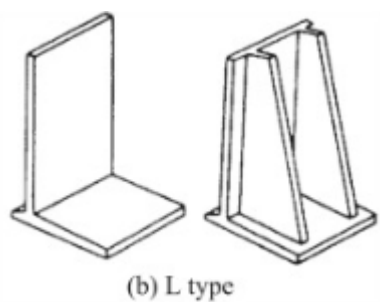
### 6.3.2 L-stöd i betong

Prefabricerade L-stöd av betong, med eller utan kontreforter (stödväggar, se Figur 26 illustration till höger), placeras på en bädd av stenmaterial på havsbotten (Figur 25). Grundläggningsområde för ett L-stöd behöver vara något djupare än muddringsdjupet för att skapa plats för en avjämningsbädd. Utlåtande om sättningsbenägenhet görs efter att geotekniska undersökningar och utredningar är färdigställda. Redovisade muddringsvolymerna i Tabell 3 inkluderar den djupare muddring som behövs ifall konstruktion med L-stöd väljs (gäller även för konstruktionerna med L-stöd och betongkassun under avsnitt 6.4 nedan).

L-stöd byggs på land och transporteras till sedan till aktuell plats för placering på avjämningsbädden. Konstruktionen fungerar som ett gravitationsfundament och behöver ej bakåtförankras. Utrymmet bakom L-stöden fylls med lämpligt fyllningsmaterial, dock inte muddermassor i klass 4-5. Betongen i skvalpzonen bör förses med rostfri plåt för att skydda den från is och vågor. På utsidan skyddas foten mot erosion med t ex betongmadrass eller betongplatta.



Figur 25. L-stöd i betong med bakomliggande betongdäck på fyllning.

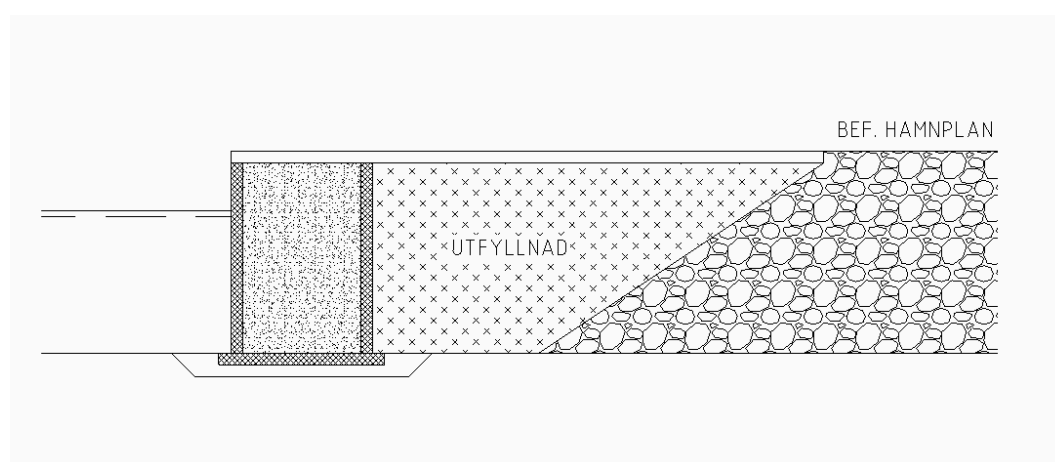


Figur 26. Exempel på stödkonstruktioner – L-stöd.

### 6.3.3 Betongkassuner

Prefabricerade betongkassuner placeras på en bädd av stenmaterial på havsbotten (Figur 27). Konstruktionen fungerar som ett gravitationsfundament och behöver ej bakåtförankras. Grundläggningsområde behöver muddras djupare för att skapa plats för avjämningsbädden. Utlåtande om sättningsbenägenhet görs efter att geotekniska undersökningar och utredningar är färdigställda. Redovisade muddringsvolymerna i Tabell 3 inkluderar den djupare muddring som behövs ifall konstruktion med betongkassun väljs (gäller även för konstruktionerna med L-stöd och betongkassun under avsnitt 6.4 nedan).

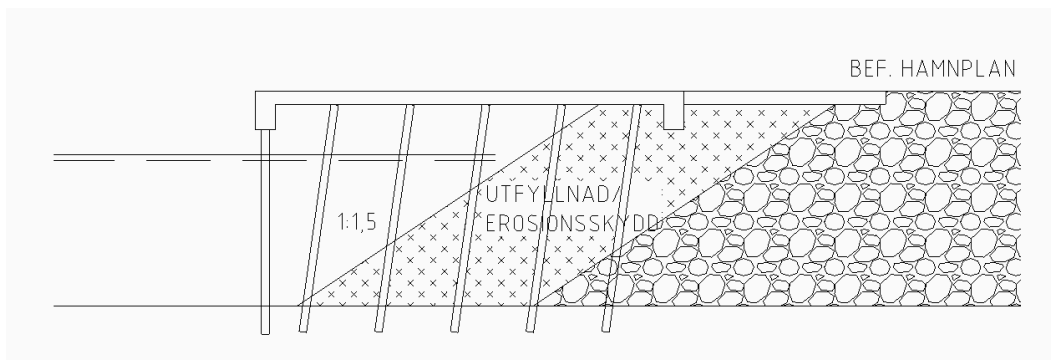
Kassunerna byggs på land och transporteras sedan till aktuell plats för placering på avjämningsbädden. Efter det fylls kassunerna med friktionsmaterial alternativt muddermassor. Utrymmet bakom kassunerna fylls med lämpligt fyllningsmaterial, dock inte muddermassor klass 4-5. Ovanpå de fyllda kassunerna gjuts ett betongdäck som binder samman de olika elementen. Elementen förses med rostfri plåt i skvalpzonen (isskydd) för att minimera nötning från is och vågor. På utsidan skyddas foten mot erosion, exempelvis med betongmadrasser eller betongplatta.



Figur 27. Betongkassun i anslutning mot hamnplan.

### 6.3.4 Påldäckskaj

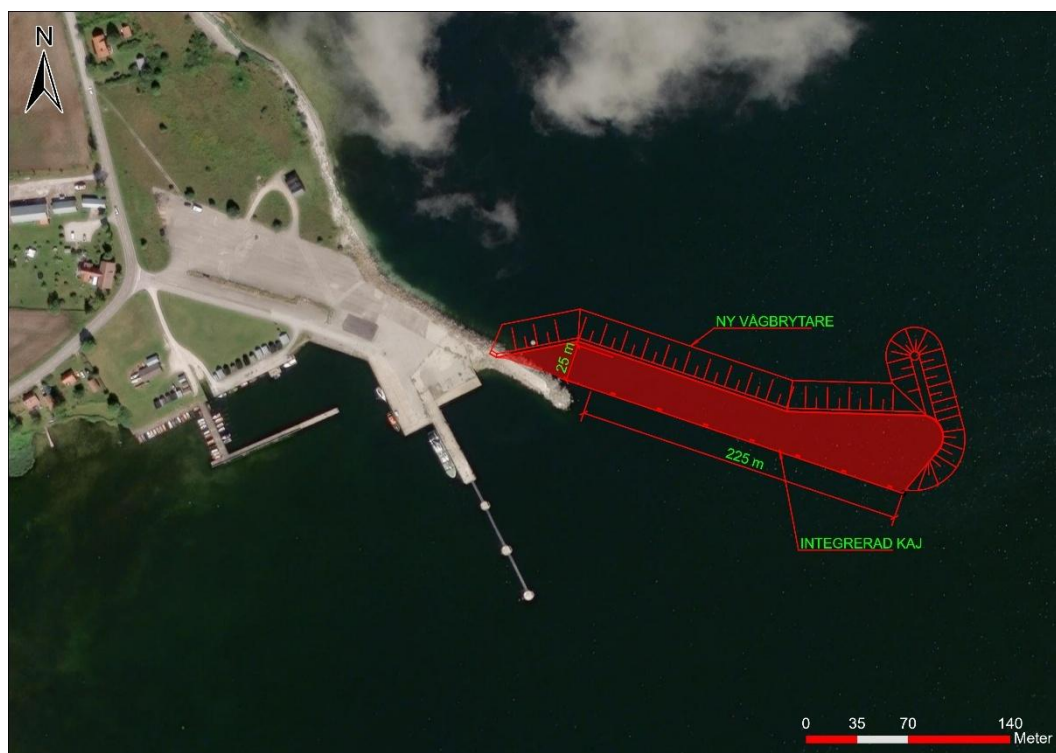
En påldäckskaj består av ett påldäck som bärs av pålar. Påldäcket består av en frontbalk, ett däck och en bakkantsbalk (Figur 28). Pålarna består av betong- eller stålpålar. Samtliga pålar förses med isskydd för att motverka nötning från is och ifall stålpålar används skyddas även mot korrosion. Kajen byggs ovanpå en utfyllnad med slänt. Utfyllnaden består av lämpligt fyllningsmaterial, dock inte förorenade muddermassor. Utfyllnaden och botten framför slänthöften förses med erosionskydd exempelvis grova stenblock, betongmadrasser eller betongplatta.



Figur 28. Påldäckskaj i anslutning mot hamnplan.

### 6.4 Byggnation av vågbrytare med integrerad kaj

Vågbrytaren utgör den norra begränsningen av den nya hamnbassängen. Den nya vågbrytaren ansluter mot befintlig vågbrytare och sträcker sig totalt cirka 350 m från väst till öst. Vågbrytaren förses med vågfälla som sträcker sig cirka 50 m från östra delen av vågbrytaren i nordlig riktning (Figur 29).



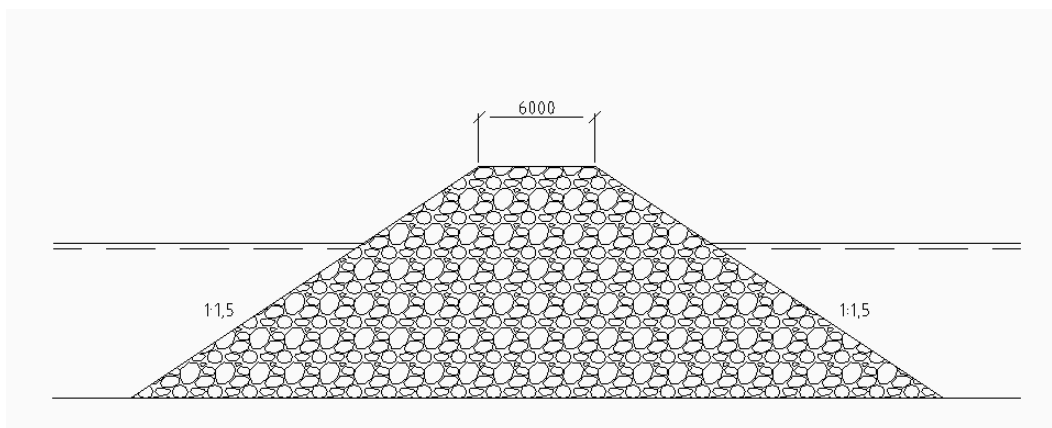
Figur 29. Placering av ny vågbrytare med integrerad kaj.

Det finns olika tekniska lösningar för utformning av vågbrytaren och dess integrerade kaj, vilka redovisas under avsnitt 6.4.2 - 6.4.5 nedan. Valet av lösning görs av entreprenören. Parametrar som styr utformningen av vågbrytaren är följande:

1. En 225 meter lång kaj som ansluter mot en 37 meter bred Ro-Ro-ramp ska integreras i vågbrytaren
2. Begränsning av sjöbottens yta som tas i anspråk
3. Delar av kajen ska kunna fyllas med muddermassor
4. Konsekvenser vid påsegling utifrån och inifrån
5. Stabilitet
6. Minsta möjliga miljöpåverkan (avseende t.ex. byggmetoder, materialval och transporter)

#### 6.4.1 Delen av vågbrytare i nord-sydlig riktning av stenmaterial

Denna del av vågbrytaren fungerar som vågfälla utan integrerad kaj (Figur 30). Vågbrytaren utförs av stenmaterial i varierande fraktioner och förses med släntlutningar mellan 1:1,5 och 1:2. Detta är en beprövad teknik som fungerar bra under en stor variation av förhållanden. Ett geoteknisk utlåtande behövs för att säkerställa sjöbottens stabilitet.



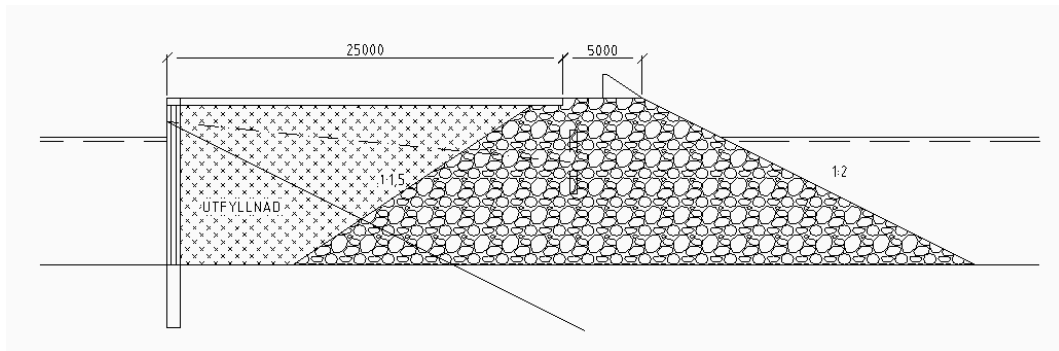
Figur 30. Vågbrytare av stenmaterial utan kaj.

#### 6.4.2 Spontkonstruktion för vågbrytaren

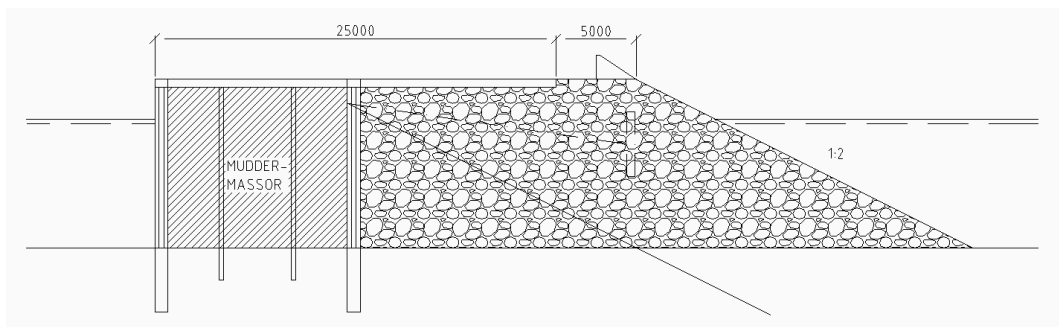
Spontkonstruktionen består av stålrörspålar, borrar ner i kalkberget, med mellanliggande spontplankor. Sponten behöver bakåtförankras i hamnplanen. Detta kan exempelvis ske genom dragstag som borrar in i berg alternativt med en ankarplatta som placeras i befintligt stenmaterial. På utsidan skyddas foten mot erosion, exempelvis med betongmadrasser eller betongplatta. Eventuellt används katodiskt skydd för att sakta ner korrosion. Området mellan spontvägg och befintlig hamnplan fylls igen med lämpligt fyllningsmaterial (Figur 31-Figur 33).

För att kunna nyttiggöra muddermassor finns möjligheten att installera en ytterligare spontvägg bakom sponten i kajlinjen. Konstruktionen förses med tvärsnitt för att skapa kassuner. I dessa kassuner kan muddermassor i klass 4-5 förvaras (se Figur 32). Förorenade muddermassor kan vid behov förses med ett tätmembran och ett hål kan också göras i övre delen av sponten för att möjliggöra en styrning av vattenutbytet mellan insida och utsida av sponten. Det översta skiktet (cirka 0,5 meter) av muddermassorna inuti konstruktionen kommer utgöras av rena massor.

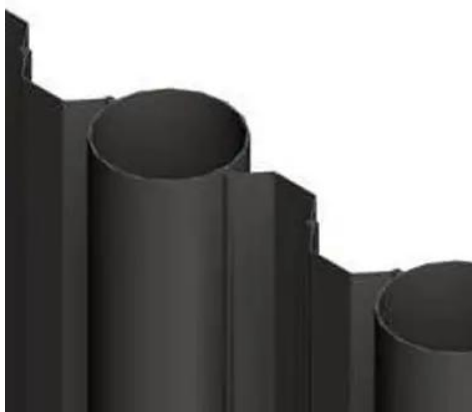
Kajdäckets grundläggning utgörs av en spontkonstruktion som vid behov kan förstärkas med pålar.



Figur 31. Spontkonstruktion i anslutning mot vågbrytare.



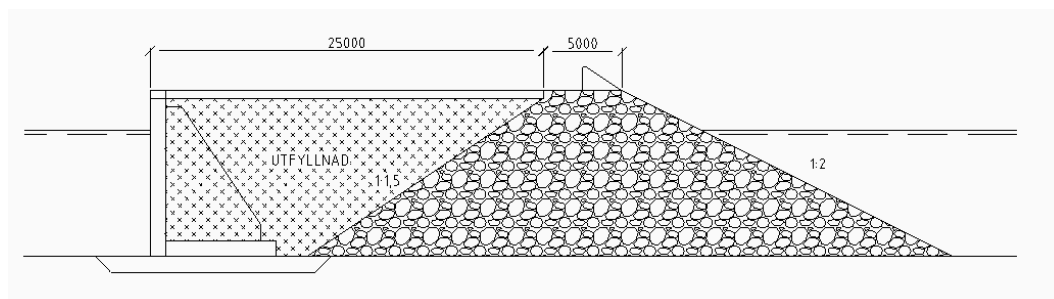
Figur 32. Spontkonstruktion med förvaring av muddermassor.



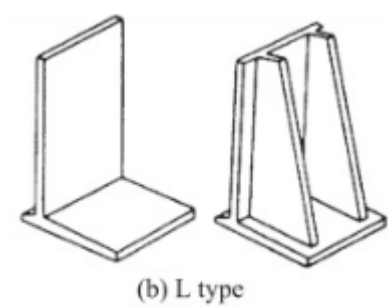
Figur 33. Exempel på kombivägg – borrade stålörspålar och spontplank.

### 6.4.3 L-stöd i betong

Prefabricerade L-stöd av betong kan användas med eller utan stödväggar, se Figur 35, på samma sätt som beskrivs under 6.3.2 ovan. Elementen placeras på en bädd av stenmaterial på havsbotten (Figur 34).



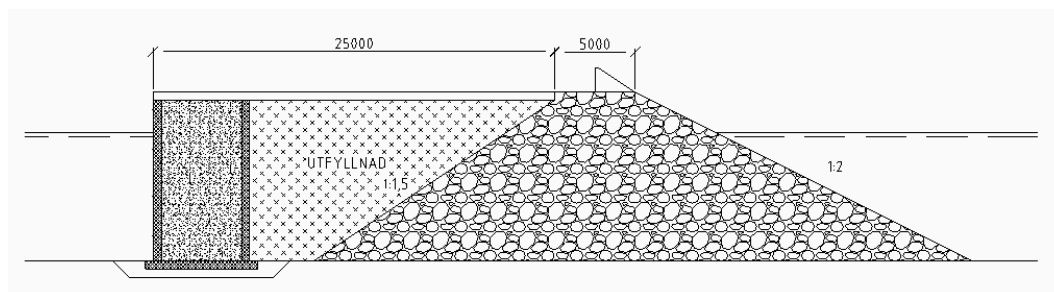
Figur 34. L-stöd i anslutning mot vågbrytare.



Figur 35. Exempel på stödkonstruktioner - L-stöd.

### 6.4.4 Betongkassuner

Prefabricerade betongkassuner placeras på en bädd av stenmaterial på havsbotten (Figur 36), på samma sätt som beskrivs under 6.3.3 ovan. I betongkassunerna finns möjlighet att placera förorenade muddermassor.

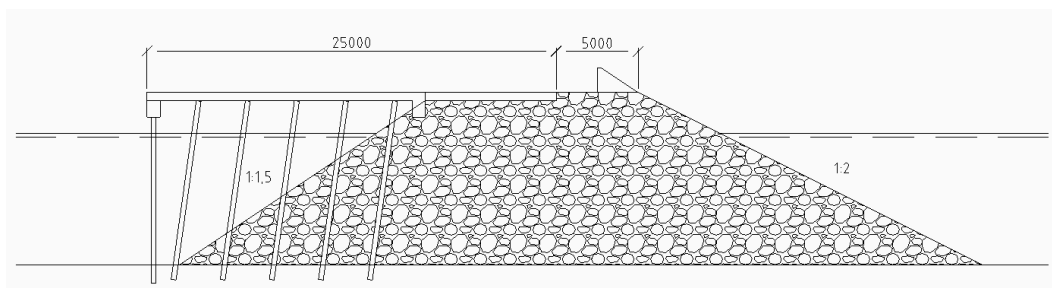


Figur 36. Betongkassuner i anslutning mot vågbrytare.

### 6.4.5 Påldäckskaj

En påldäckskaj består av ett påldäck som bärs av pålar. Påldäcket består av en frontbalk, ett däck och en bakkantsbalk, se Figur 37, på samma sätt som beskrivs under 6.3.4 ovan. Pålarna består av betong- eller stålpålar. Samtliga pålar förses med isskydd för att motverka nötning från is och ifall stålpålar används skyddar iskyddet

även mot korrosion. Kajen byggs ovanpå en utfyllnad med slänt. Utfyllnaden och botten framför släntfoten förses med erosionskydd, t ex grova stenblock, betongmadrasser eller betongplatta.



Figur 37. Påldäck i anslutning mot vågbrytare.

## 6.5 Byggnation av ny pir

En ny pirkonstruktion kommer uppföras i ungefärligt läge av befintliga piren (Figur 38).



Figur 38. Ny pir.

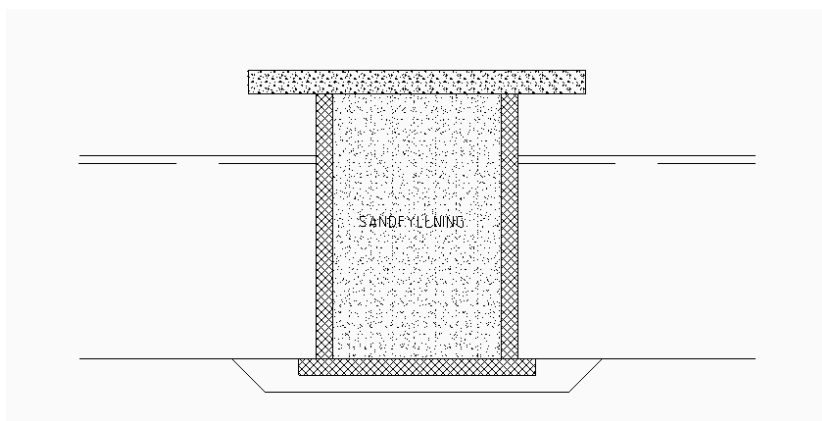
Funktionskraven som styr utformningen av piren är följande:

1. Överkant pir +2,5 m
2. Längd ca 115 m, bredd 10 m
3. Genomströmmande vatten

I följande kapitel beskrivs olika tekniska lösningar för pirens utformning.

### 6.5.1 Betongkassuner

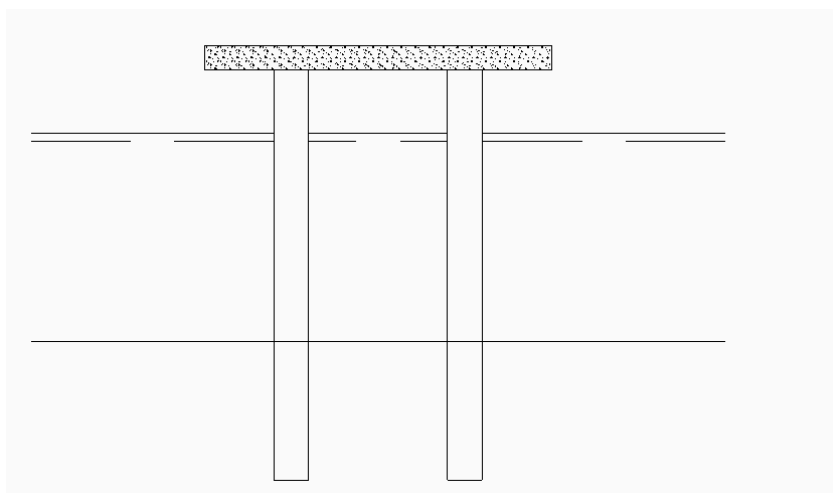
Piren byggs med runda betongkassuner som placeras på en bädd av stenmaterial på havsbotten med fritt utrymme mellan kassunerna (Figur 39). Kassunerna byggs på land och transporteras ut för placering. Efter det fylls kassunerna med friktionsmaterial. Ovanpå de fyllda kassunerna gjuts ett betongdäck som binder samman de olika elementen. Elementen bör förses med rostfri plåt i skvalpzonen (isskydd) för att minimera nötning från is och vågor. På utsidan skyddas foten mot erosion, exempelvis med grova stenblock, betongmadrasser eller betongplatta. Kassunerna placeras med tillräckligt avstånd ifrån varandra för att garantera tillfredställande genomströmning av vatten.



Figur 39. Exempel på utformning med kassuner.

### 6.5.2 Påldäckskaj

Piren utförs som påldäckskaj (Figur 40). Betongdäckets grundläggning utförs med grova borrade betongpålar där pålarna fylls med betong och förses med isskydd i skvalpzonen.



Figur 40. Exempel på utformning som påldäckskaj.

## 6.6 Byggnation av flytbrygga vid småbåtshamnen

En ny flytbrygga (se Figur 41 nedan) med längd på cirka 100 m installeras mellan hamnplan och befintlig småbåtshamn.



Figur 41. Ny flytbrygga i anslutning till småbåtshamnen.

## 6.7 Hamnområdets nyttjande och tillgänglighet

Hamnplan kommer att nyttjas för tyngre trafik och temporär uppställning av gods och tjockleken på överbyggnaden dimensioneras efter dessa förutsättningar.

Uppställningsytor inom terminalområdet behövs för avgående och ankommande fordon.

Det yttre hamnområdet kommer ej vara tillgängligt för allmänheten då det är militärt skyddsobjekt. Det inre hamnområdet kommer att vara öppet för allmänheten så länge verksamheten inte nyttjar det, dock kommer det kunna omställas till tillfälligt militärt skyddsobjekt vid behov. Se Figur 42 nedan för gräns mellan inre och yttre hamnområde.



Figur 42. Gräns för det inre hamnområdet markerad i rött. Yttre hamnområde kommer utgöras av den del av hamnen som befinner sig öster om den röda gränsdragningen.

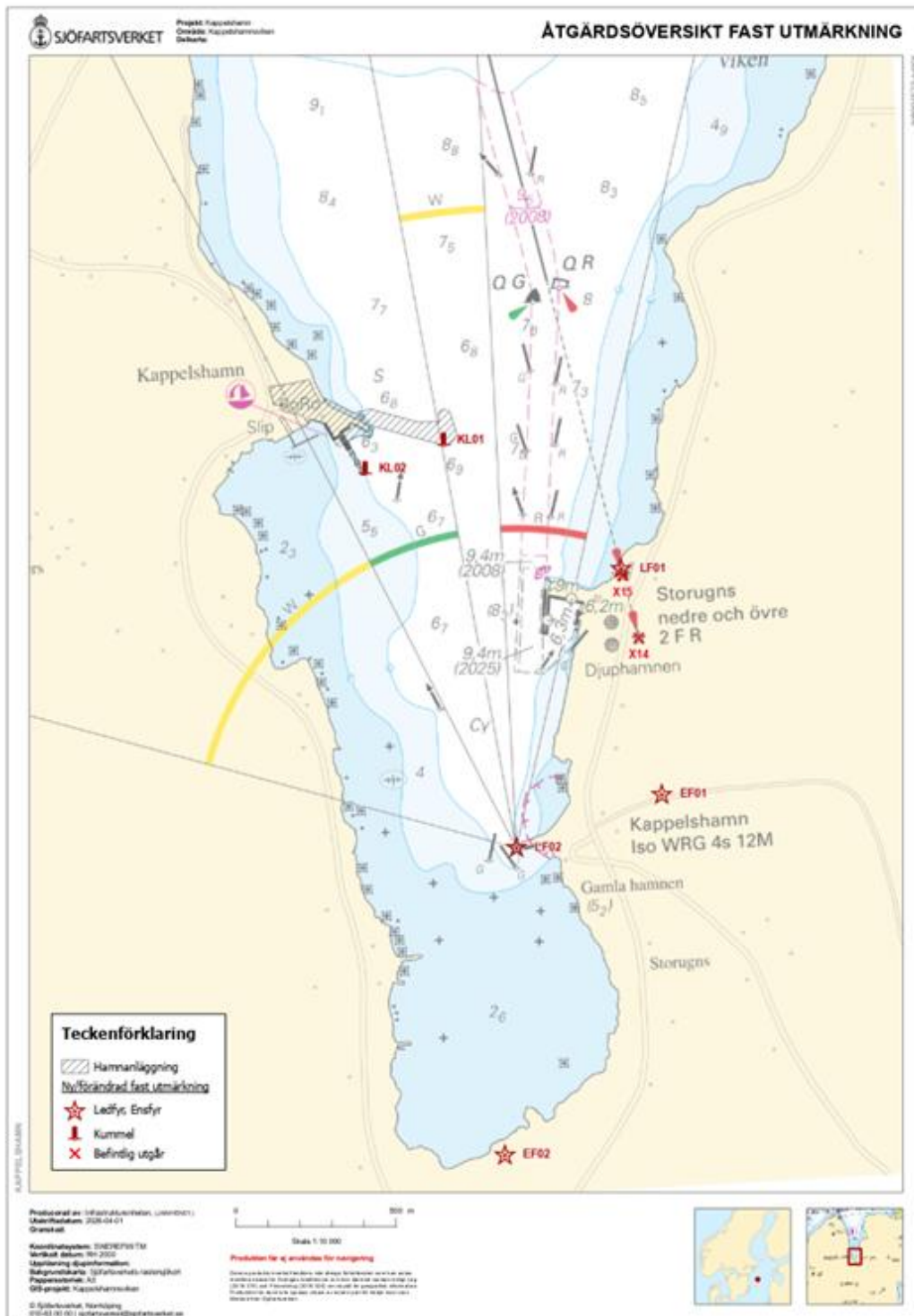
## 6.8 Farledsutmärkning

I samband med att farledens djup och bredd förändras, behöver farledsutmärkningen justeras, bland annat genom anläggande av nya ledfyrrar och ensfyrrar. Två belysta kummel kommer även placeras på den nya hamnkonstruktionen, se exempel Figur 44.

En fyr etableras på helt ny plats, medan övriga tre ersätter befintliga fyrrar, antingen genom ombyggnad av fyr på befintlig position, eller att nuvarande objekt behöver flyttas till ny närbelägen position. Det senare innebär i praktiken att det nuvarande objektet rivs/demonteras och ett nytt byggs på den nya positionen.

Lägen för dessa objekt framgår av Figur 43 och Bilaga B4.1-B4.2.

Elförsörjningen till nyetablerade fyrrar och kummel kommer där det är möjligt att utgöras av solceller kombinerat med batterier. Även om fast elanslutning blir nödvändigt i vissa fall, kommer inga nya undervattenskablar behövas, då alla objekt byggs på land.



Vid anläggning av EF02 kan en temporär väg behöva anläggas eftersom det inte går att komma dit via sjövägen.

Nya fyror och kummel utförs genom att ett betongfundament anläggs på plats och sedan monteras en prefabricerad överbyggnad på fundamentet. Dessa kan till exempel

utgörs av en fyrkur i plastkomposit eller aluminium. Det kan också vara en fackverksmast som överbyggnad (Figur 44).



Figur 44. Vänstra bilden: exempel på belysning på kajhörn/pirhörn. Mittersta bilden: exempel på farledsutmärkning med gravitationsfundament samt fackversmast med en "spansk flagga" och lykta monterad på toppen av masten (ensfyr). Högra bilden: verkligt utförd kummel med belyst överbyggnad (fyrkur) i plastkomposit. Fundamentet är fastinjekterat med stag i berget.

Grundläggningsmetod beror på de geotekniska förutsättningarna på respektive plats, se Tabell 5.

Tabell 5 Farledsutmärkning.

Fyr-nummer	Åtgärd	Trolig grundläggningstyp
X14	Befintlig, Rivs	
X15	Befintlig, Rivs	
LF01	Ny	Gravitationsfundament
LF02	Ombyggnation	Förankras i betong (befintlig kaj)
EF01	Ny	Bergförankring alt. gravitationsfundament
EF02	Ny	Gravitationsfundament
KL01	Ny	Förankras i betong (ny kaj)
KL02	Ny	Förankras i betong (ny kaj)

Vid grunt eller ytligt berg förankras fundamentet med i berget inborrade och fastinjekterade stag. Där markförhållandena består av lösare material, t ex morän, utförs grundläggning med ett gravitationsfundament. En grop schaktas och botten avjämnas. Därefter formas, armeras och gjuts fundamentet och återfyllning med schaktmassor utförs. Eventuella överskottsmassor utjämnas i direkt anslutning till respektive farledsutmärkning. Vid etablering på befintliga eller nya kajer förankras överbyggnaden direkt i konstruktionen. Beroende på erforderlig storlek på fundament samt typ av överbyggnad och tillgänglighet på platsen kan fundamentet komma att utföras prefabricerat.

Uppförande av fundament kräver en temporär arbetsplatsyta om ca 50 m<sup>2</sup> medan den permanenta byggnadsytan blir ca 2-10 m<sup>2</sup>.

Slutlig position, utformning samt storlek på grundläggningen fastställs i projekteringsfasen och kan beroende på grundläggningsförhållandena vid avsedd position komma att förskjuta fyrens läge en mindre sträcka för att förenkla grundläggningen. Objektens nautiska funktion får dock aldrig äventyras.

## 6.9 VA och el

Nya dagvattenutlopp kommer behövas för hamnen med anledning av de hårdgjorda ytor som byggs. Lokalt inom hamnplan kommer oljeavskiljare att installeras för den yta där tankbil ansluter eller där olja hanteras och tankning sker.

Kanalisation för el och opto/fiberförsörjning kommer att installeras i den nya hamnanläggningen både för marinens och reservhamnens behov.

## 7 Tidplan

Genomförandetiden för planerade muddringsarbeten kan variera betydligt beroende på faktorer såsom antalet mudderverk, storlek på utrustning, pråmar och övriga flytande arbetsplattformar som används, väder, samt de begränsningar som föreskrivs för genomförandet med hänsyn till enskilda och allmänna intressen. Principen för arbetsordningen är att så tidigt som möjligt komma igång med hamnkonstruktionerna för att möjliggöra att massor kan omhändertaras i dessa.

På grund av långa transportavstånd och höga etableringskostnader, framförallt för mudderverk, är det viktigt att muddringen kan genomföras under en sammanhängande tidsperiod. Oftast är det också mest fördelaktigt ur miljösynpunkt att begränsa den totala genomförandetiden. Eventuella restriktioner under genomförandet med avseende på exempelvis grumling, arbetsperiod, dygnsarbetstid, kan innebära att genomförandeperioden förlängs.

För muddringen, med utgångspunkt från scenariot att arbetet bedrivs dygnet runt 7 dagar/vecka, vilket ofta är fallet i denna typ av projekt, bedöms den totala tiden för muddring och dumpning till cirka 3-6 månader. Entreprenadarbetena avseende muddring och dumpning kan inte utföras under isläggning men då risken för isläggning är liten bedöms de i huvudsak kunna bedrivas under vinterhalvåret.

Om det blir en riktigt kall vinter med isiga förhållanden finns dock risk, beroende på när muddringsarbetena startas, att det kan krävas två säsonger för att utföra dessa.

För installation av den fasta utmärkningen bedöms tiden vara cirka 1-2 månader och är inte beroende av övriga arbeten utan kan genomföras parallellt.

Tiden för rivning av befintliga kajkonstruktioner och hamnplan bedöms ta cirka 3 månader. Tid för byggnation av nya kajer, ny hamnplan och vågbrytare bedöms ta cirka 10-14 månader. Den totala tiden för hela projektet uppskattas dock till cirka 3 år.