

Kusthydrauliska studier i Kyrkeby kile

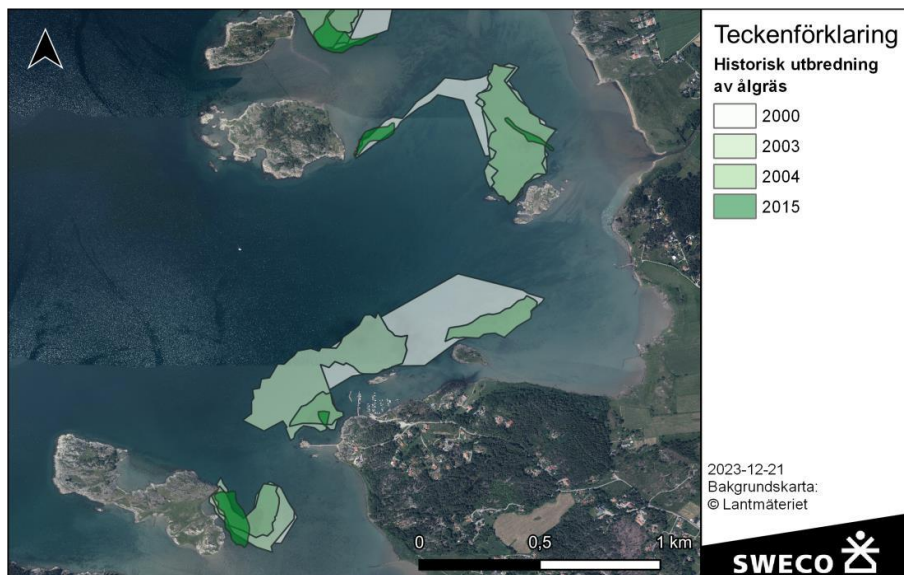
Vid Kyrkeby kile planeras naturanpassade åtgärder mot stranderosion inom ramen för projektet Manabas Coast. Det huvudsakliga åtgärdsalternativet utgör anläggande av en blåmusselbank syftandes till att dämpa vågor och därigenom minska erosionstrycket på strandängarna.

Detta PM syftar till att beskriva de hydrauliska förutsättningarna för att anlägga blåmusselbankar i berört område. Därutöver studeras även hur åtgärden kan optimeras för att reducera påverkan på stranderosion och samtidigt leda till minskad resuspension av finsediment i viken.

1. Platsspecifika frågeställningar i Kyrkeby kile

De åtgärder som planeras i Kyrkeby kile syftar både till att minska erosionen av låglänta strandängar och till att förbättra siktdjupet så att förutsättningarna för återetablering av ålgräs i området ökar.

Utifrån de inventeringar av ålgräs som utförts av Länsstyrelsen under perioden 2000–2015 kan konstateras att stora arealer ålgräsängar har försvunnit från Kyrkeby kile, se figur 1.



Figur 1. Historisk utbredning av ålgräs i Kyrkeby kile.

Nedan listats kortfattat de platsspecifika frågeställningar som ligger till grund för denna studie.

1.1 Blåmusselbank

- Vilken utformning av en blåmusselbank (höjd, bredd, geometri, geografisk) är optimal för att få störst effekt när det gäller vågdämpning inne vid stranden längst in i viken?
- Var bör blåmusselbanken placeras för att ha optimal effekt?
- Hur bör blåmusselbanken utformas för att få så stor effekt som möjligt?
- Kan blåmusselbanken komma att påverka sedimentationsmönster i viken och särskilt i närliggande småbåtshamn?

1.2 Övertäckning av grumlande bottnar

För att minska resuspensionen av finsediment från grunda bottnar i Kyrkeby kile planeras övertäckning av bottnar med sand och grus. Baserat på resultat från den utförda modelleringen eftersöks svar på följande frågeställningar:

- Var uppstår grumlingen först, och vid vilka väderförhållanden?
- Vilka bottenytor uppvisar högst bottenskjuvspänningar, och kan täckning av dessa bottnar leda till minskad grumling i närområdet?

2 Metodik

Detta metodkapitel beskriver kortfattat den metodik i form av beräkningar och modelleringsverktyg som använts för att svara på de platsspecifika frågeställningarna.

I kapitel 2.1 förklaras begreppet bottenskjuvspänning och hur denna beräknats. I kapitel 2.2 beskrivs metodik för vågmodellering, modelluppbyggnad och hur drivdata till modellen valts ut baserat på det vågklimat som beräknats inom ramen för projektet *Hydrodynamisk modellering i av strömmar och vågor* (Sweco, 2023).

2.1 Beräkning av bottenskjuvspänning

Beräkning av bottenskjuvspänning har skett enligt den metodik som beskrivs i huvudrapporten *Hydrodynamisk modellering av vågor och strömmar* (Sweco, 2023). Ström- och vågdata har hämtats från den kopplade ström- och vågmodell och omfattar således en total tidsperiod av 5 år (2011-07-01 – 2016-08-01).

Vidare har beräkningar av bottenskjuvspänning utgått från en kornstorlek av $D_{50} = 0,063$ mm, vilket motsvarar gränsen mellan sand och silt.

2.2 Fasupplöst vågmodellering

Den vågmodellering som utförts för åren 2011–2022 är inte utvecklad för att beskriva småskaliga och komplexa vågfenomen som till exempel reflektion och diffraktion (Sweco, 2023). Dessa fenomen är av särskilt stor betydelse i skärgårdar och för att på ett korrekt vis beskriva dessa behöver en fasupplöst vågmodell nyttjas.

I TELEMAC-systemet som använts i detta projekt ingår den fasupplösta vågmodellen *Artemis*. Till skillnad från spektrala vågmodeller (likt *Tomawac*) används inte dessa modeller för att simulera längre tidsserier av vågor utan simuleringarna kräver vågförhållanden baserat på ett givet vågklimat. För att driva modellen behöver således olika vågparametrar (våghöjd, riktning, period) definieras som randvillkor.

En viktig parameter för vågdämpning är friktion. En musselbank eller ålgräsäng kan ge upphov till förändrad bottenfriktion. I *Artemis* beskrivs bottenfriktion genom friktionsmodell från Puttnam & Johnson (1949). I de formler som beskriver friktionen finns en friktionskoefficient, f_w . I litteraturen används generellt ett värde av cirka 0.01 för släta bottenar och ett maximalt värde $f_{w,max} = 0.3$ (Hsiao & Shemdin, 1978) (van Rijn & Wijnberg, 1996).

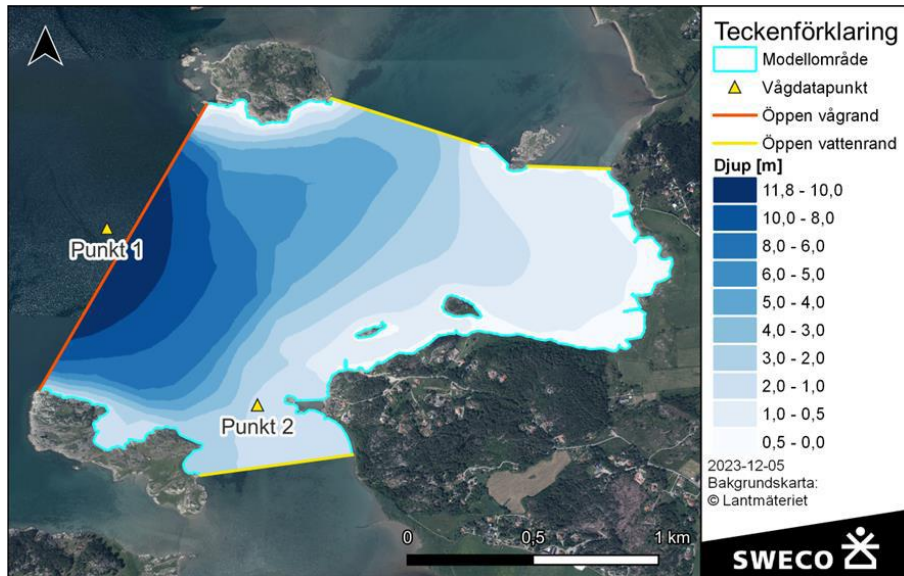
Blåmusselbankarna bedöms ha stor ytråhet i relation till släta bottenar därmed en högre friktionskoefficient. För att utreda den maximala vågdämpning som musselbankarna skulle kunna ha har den maximala realistiska friktionskoefficienten, $f_w = 0.3$, använts på bankarna och $f_w = 0.01$ har använts i resten av modellområdet.

2.2.1 Modelluppbyggnad och indata

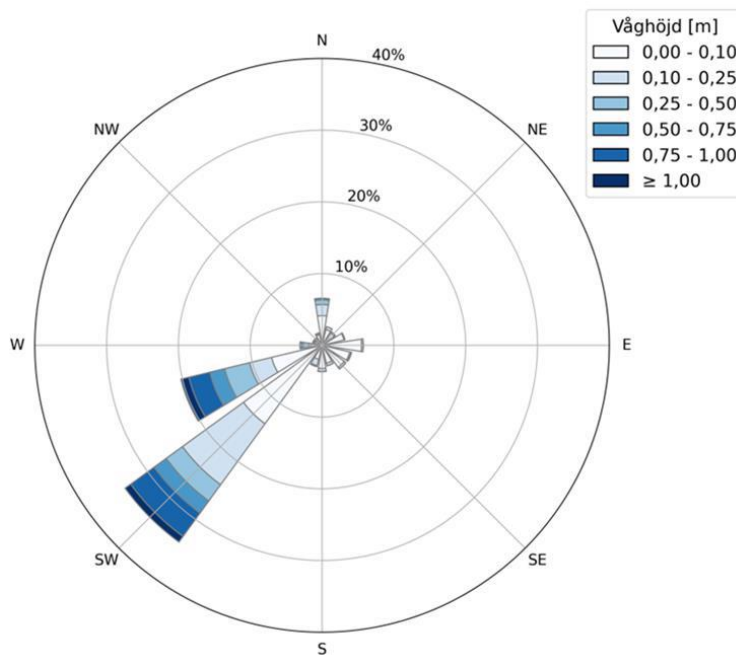
För att simulera vågklimatet med och utan musselbankar har en högupplöst (2–3,5 meter) vågmodell över Kyrkeby kile tagits fram. Djupen i modellen har hämtats från den storskaliga hydrodynamiska modellen som beskrivs i Sweco (2023). Modellens geografiska utbredning, randvillkor och djup illustreras i figur 2.

2.2.2 Vågklimat och simulerade förhållanden

För att utvärdera vilka vågförhållanden som är relevanta för detaljerade studier av vågdämpning har vågklimatet utanför Kyrkeby kile analyserats. Vågklimatet utanför Kyrkeby kile illustreras i figur 3, där det framgår att de förhärskande vågriktningarna är från sydväst och att de högst vågorna också faller in från samma riktning.



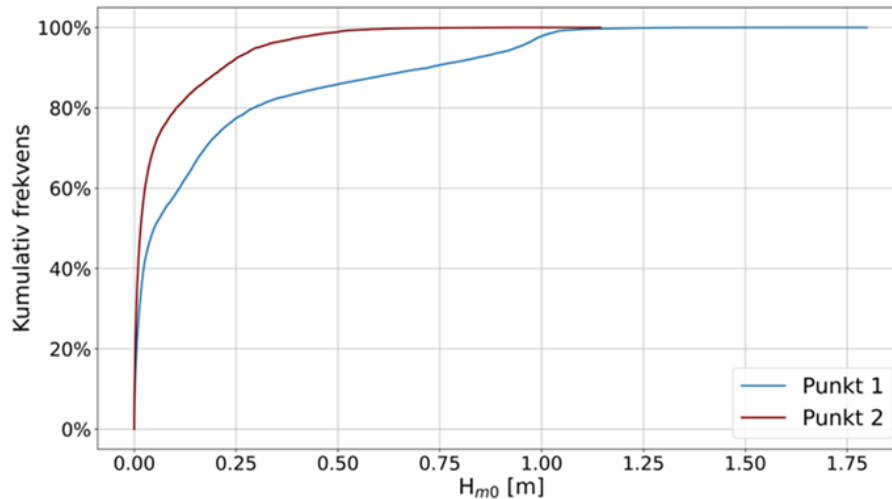
Figur 2. Karta visandes vågmodellens utbredning tillsammans med djupraster. I kartan visas även två punkter där vågdata har hämtats från den storskaliga modellen. Vågstrand innebär att vågorna kan ta sig in genom randen medan öppen vattenrand innebär att vågorna åker ut eller "absorberas" längs randen.



Figur 3. Vågros från vågdatapunkten i figur 2.

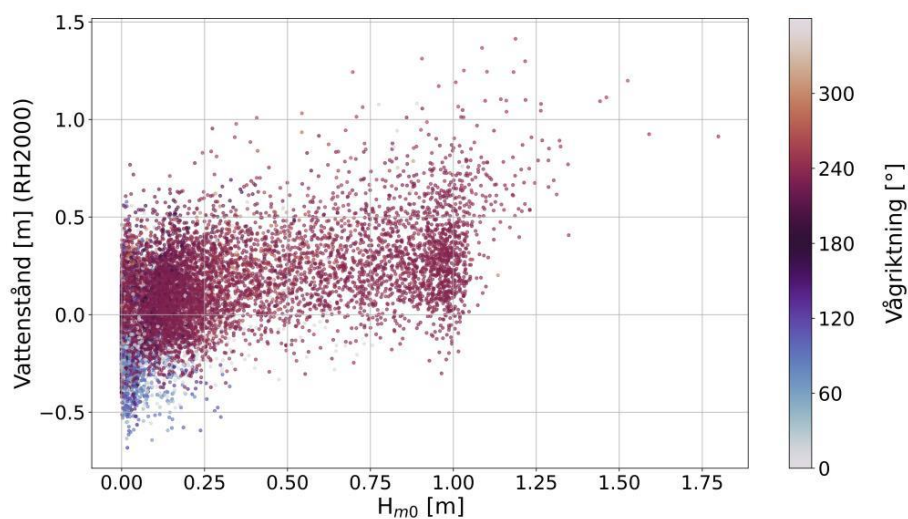
I figur 4 redovisas den kumulativa frekvensen av vågor med en given våghöjd. Ur figuren går det att utläsa i hur stor del av tiden vågor över en viss höjd förekommer. Figuren visar även en jämförelse av vågklimatet mellan punkt 1 och punkt 2, där det framgår att vågorna i punkt 1 är större.

Ur figuren har våghöjden som överskrids i 10% av tiden valts ut för simulering (från punkt 1). Våghöjden har valts för att representera vågscenarier som inträffar relativt ofta framför ett extremt scenario. Denna våghöjd motsvarar 0,75 meter.



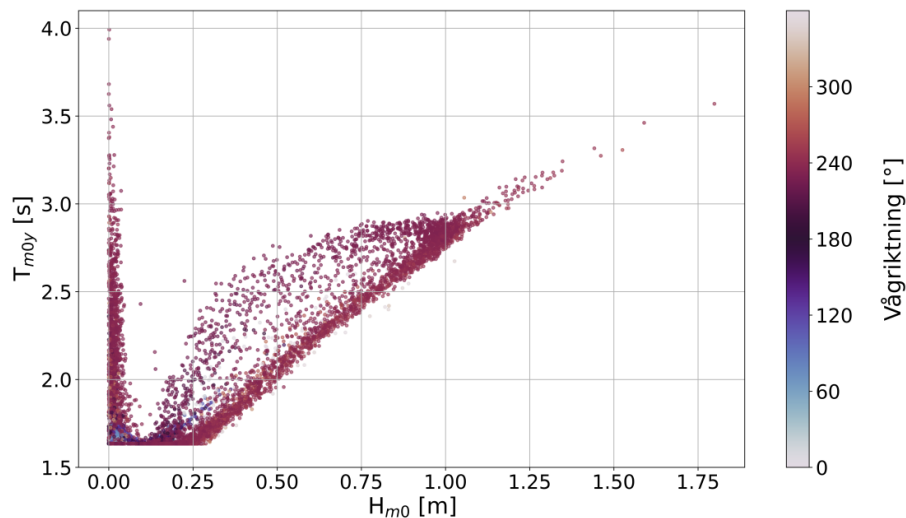
Figur 4. Kumulativ frekvens av vågor med given våghöjd (H_{m0} [m]). Linjerna visar i hur stor andel (%) av tiden vågor under en given höjd förekommer. Exempelvis illustrerar figuren att våghöjden i punkt 1 är under 0,3 meter i ungefär 80% av tiden.

I figur 5 visas samvariationen mellan våghöjd och vattenstånd. Av figuren framgår även hur vågriktningen varierar med dessa. Figuren visar att de högsta vågorna inte sammanfaller med de högsta vattenstånden, men att de största vågorna förekommer samtidigt som förhöjda vattenstånd. Vidare kan det utläsas att de största vågorna har en riktning från syd och sydväst.



Figur 5. Figuren visar samvariation mellan våghöjd (H_{m0} [m]) och vattenstånd i punkt 1. Färgen på prickarna symboliserar även vågriktningen. Riktningen för vågorna är definierad som "kommer från".

I figur 6 visas våghöjd och riktning som en funktion av vågperioden. Av figuren framgår att vågperioden ökar med våghöjden, och att den högsta vågperioden uppgår till cirka 3 sekunder. Förekomst av vågor med längre perioder (större än cirka 6–7 sekunder) skulle indikera att vågor från ytterskärgården når Kyrkeby kile, men analysen visar att endast lokalt genererade vågor förekommer i området. Vidare visar figuren att vågor från syd och sydväst ger upphov till högst våghöjder och längst perioder.



Figur 6. Våg höjder, -perioder och -riktningar som når Kyrkeby kile under den simulerade perioden. Riktningen för vågorna är definierad som "kommer från".

Vågscenarier

Baserat på ovanstående analys av vågklimatet i Kyrkeby kile har två vågscenarier tagits fram, vilka beskrivs i tabell 1. Dessa vågscenarier har använts för att utvärdera den vågdämpande effekten av planerade blåmusselbankar. Vågscenarierna har valts för att representera förhållanden som är ovanliga men inte extrema. Vid låga vattenstånd upptar blåmusselbanken en större andel av vattenpelaren och bedöms därför ge större vågdämpande effekt. För att kunna visa på denna effekt har ett vattenstånd som är lågt under givna vågförhållanden simulerats (se figur 5 för samvariation mellan vågor och vattenstånd).

De framtagna scenarierna konstruerade för att skapa en förståelse för den potentiella vågdämpande effekten från musselbankarna. Kombinationen av förhållandevis låga vattenstånd (för given våghöjd) och relativt höga vågor bedöms ge upphov till en högt skattad dämpning.

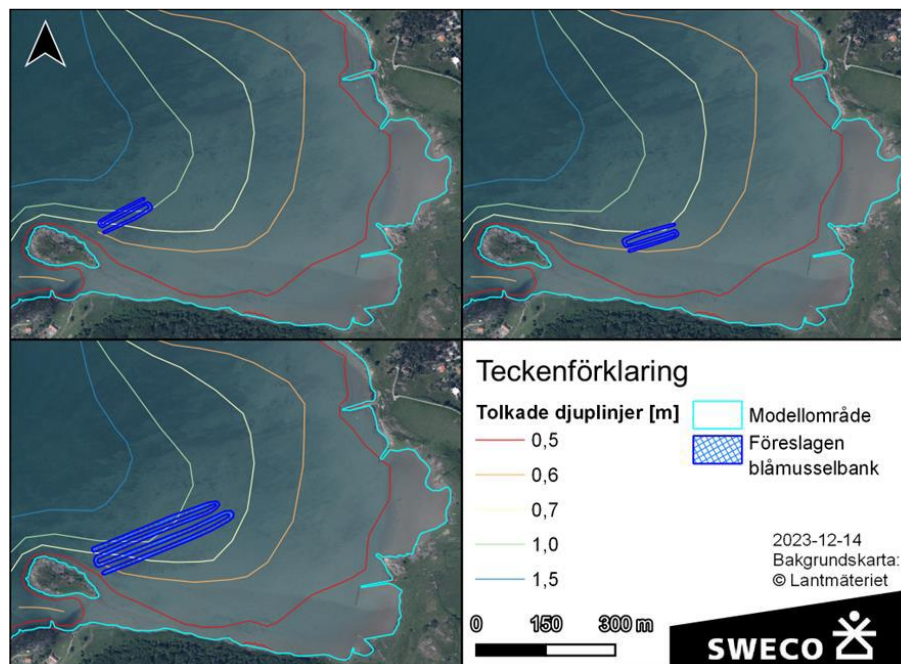
Tabell 1. Vågscenarier som har analyserats i Kyrkeby kile

Scenario	Våghöjd	Vågriktning (från)	Vågperiod	Vattenstånd (RH2000)
1	0,75 m	255° – 285°	2,75 – 3,25s	+0,1 m
2	0,75 m	232,5° – 262,5°	2,75 – 3,25s	+0,1 m

2.2.3 Utformning av blåmusselbankar

I samråd med Länsstyrelsen i Västra Götaland har tre olika utformningar av blåmusselbankar tagits fram. Blåmusselbankarna illustreras i figur 7. Blåmusselbankarna har antagits vara 12,5 cm höga och den totala bottenarean som de tar i anspråk är mellan 2000–10 000 m². Bankarna har utformats så att bankens överyta ligger på minst 0,5 meters vattendjup vid medelvattenstånd. Tidigare studier har visat på att vågdämpningen är snarlik vid placering av musslorna i en ”revelstruktur”, vilket även medför större utbredning med samma volym musslor, och dessa mönster har använts även i denna modellering. Se *PM Kusthydrauliska studier – Bärby*.

Blåmusselbankarna har inkluderats i den fasupplösta vågmodellen genom en lokal höjning av batymetrin samt en lokal ökning av bottenråheten.



Figur 7. Musselbankscenarier. Övre t.v.: 2 000m² musselbank (A) placerad västerut. Övre t.h.: 2 000m² musselbank (B) placerad österut. Nedre t.v.: 10 000m² musselbank (C).

Samtliga musselbanksutformningar summeras i tabell 2 nedan.

Tabell 2 Banksценарier

Bank	Bottenarea [m ²]	Bottendjup (m)
A	2 000	0,6 – 1,2
B	2 000	0,6 – 0,7
C	10 000	0,6 – 1,2

3 Resultat

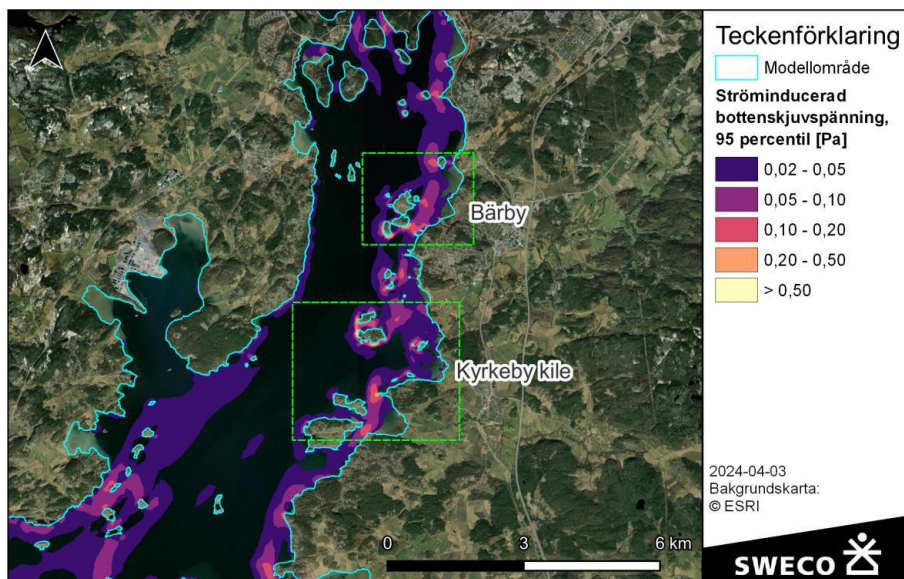
I följande avsnitt presenteras resultat från beräkning av bottensskjuvspänning och vågmodellering.

3.1 Bottensskjuvspänning

Beräkning av bottensskjuvspänning har utförts för hela den tillskapade tidsserien av kopplade ström- och vågdata enligt metodik beskriven i Sweco (2023). För att förstå i vilka områden sannolikheten för hög bottensskjuvspänning är störst redovisas resultaten i kartor. Till följd av platsernas måttliga exponering redovisas 95-percentilen av beräknad bottensskjuvspänning. De värden som visas för bottensskjuvspänningen är alltså det värde som endast överskrids i 5% av tiden.

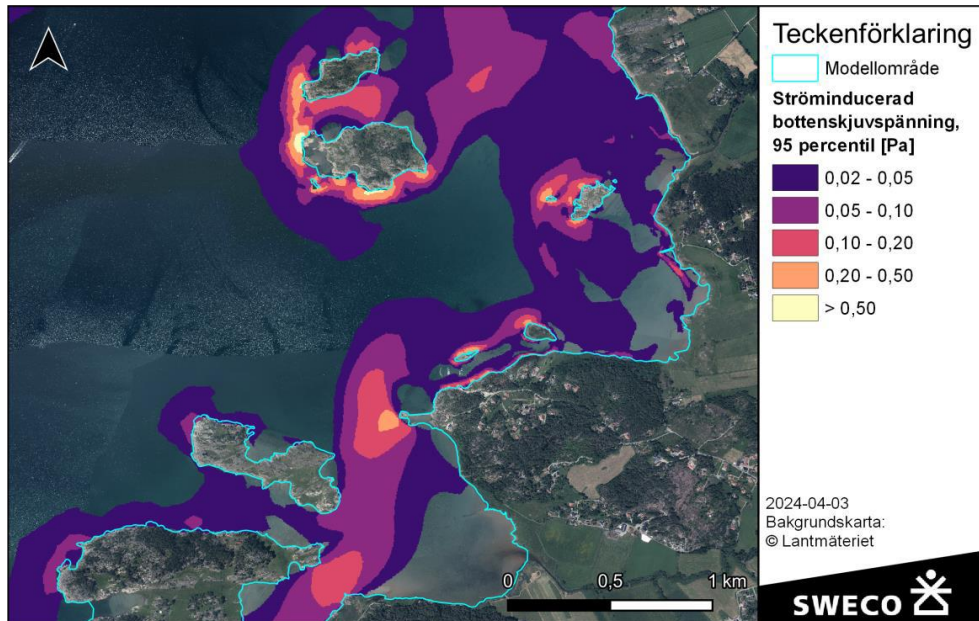
3.1.1 Bottensskjuvspänning från strömmar

I figur 8 visas beräknad skjuvspänning (95:e percentilen) till följd av strömmande vatten i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile. En mer detaljerad karta över Kyrkeby kile presenteras i figur 9.



Figur 8. Ströminducerad bottensskjuvspänning i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile. 95:e percentilen.

Generellt visar figur 8 och figur 9 att den ströminducerade bottensskjuvspänningen är som högst längs kustbandet och särskilt i smala sund och i direkt anslutning till öar och skär. Bottensskjuvspänningen är högst i områden med hög strömhastighet och grunda bottendjup. I större hydrauliskt avgränsade vikar som exempelvis Svansvik kile (väster om Kyrkeby kile) är strömningen till följd av vattenståndsvariationer lägre, och så även den beräknade bottensskjuvspänningen.



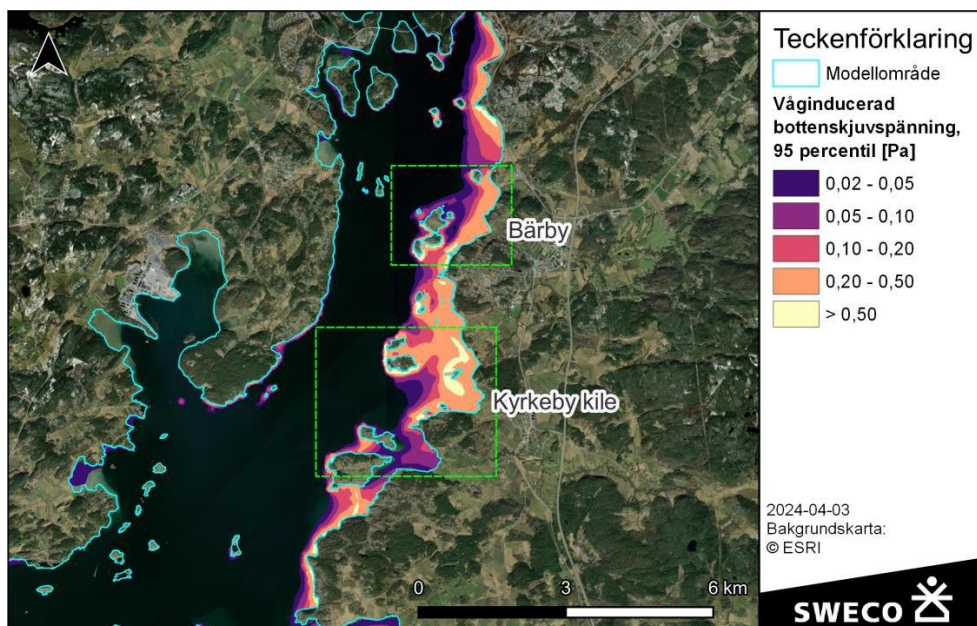
Figur 9. Ströminducerad bottenskjuvspänning i Kyrkeby kile. 95:e percentilen. Kartans utsträckning i förhållande till den i Bärby framgår av figur 8.

Den beräknade ströminducerade bottenskjuvspänningen är störst utmed Källsnäs udde i söder, utmed Dyholmen nordost om småbåtshamnen samt på den västra sidan av Skutholmen. I de grunda vikarna med strandängar är bottenskjuvspänningen från strömmar låg, eftersom de storskaliga tidvattenströmmarna generellt inte avlänkas in i grundområdena.

3.1.2 Bottenskjuvspänning från vågor

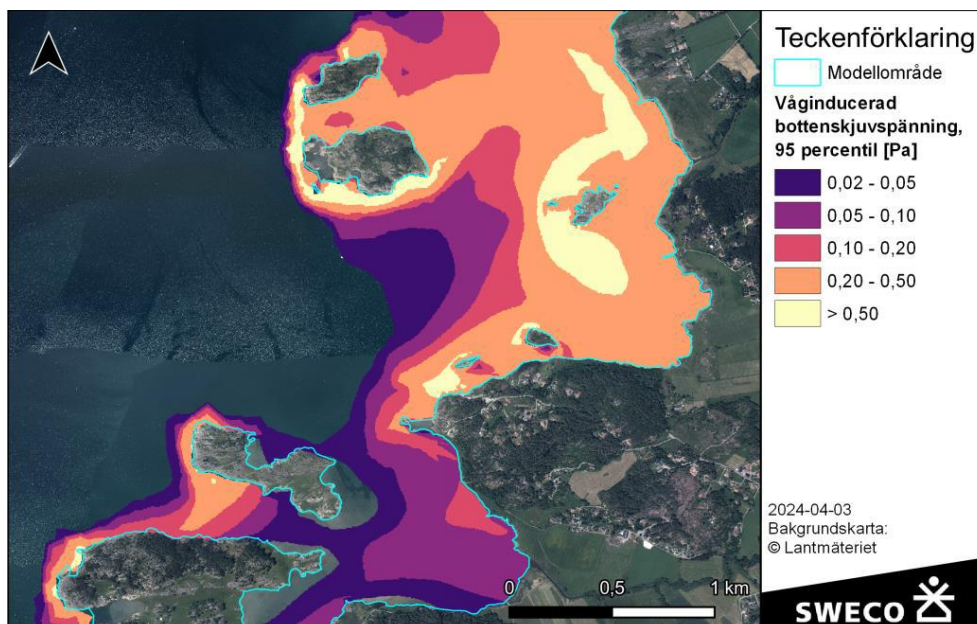
I figur 10 visas beräknad skjuvspänning (95:e percentilen) till följd av vågor i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile.

Översiktskartan i figur 10 visar att bottenskjuvspänningen är högre utmed den östra kusten, som är frekvent exponerad för vågor. I de östliga områdena är även modellupplösningen högre, vilket gör att de grunda bottnar där skjuvspänningen är som störst är bättre upplöst. Av figuren framgår vidare hur skyddade partier bakom öar är utsatta för lägre våginducerad bottenskjuvspänning.



Figur 10. Våginducerad bottenskjuvspänning i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile. 95:e percentilen. Av figuren framgår att den beräknade bottenskjuvspänningen är högre i de östliga delarna av fjorden.

En mer detaljerad karta över Kyrkeby kile presenteras i figur 11.

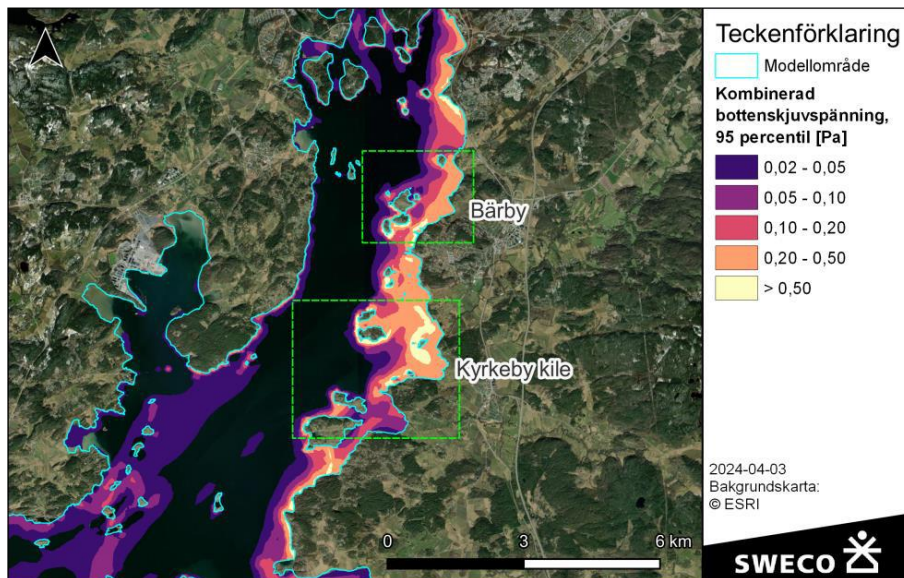


Figur 11. Våginducerad bottenskjuvspänning i Kyrkeby kile. 95:e percentilen. Kartans utsträckning i förhållande till den i Bärby framgår av figur 10. Bottenskjuvspänningen till följd av vågor är låg bakom skyddande öar, och hög där vågexponeringen är stor och bottendjupet litet.

Ur figur 11 går det att utläsa att den våginducerade bottenskjuvspänningen är störst utmed den kust som har högst exponering av de frekvent förekommande sydvästliga vågorna. I områden med kraftig uppgrundning de högsta bottenskjuvspänningarna, men även i grundområden i de norra delarna av viken är krafterna mot botten höga. Notera att den storskaliga hydrodynamiska modellen som ligger till grund för beräkningarna inte har med de hamnstrukturer som finns i Källsnäs småbåtshamn. Dessa strukturer reducerar i praktiken våghöjderna och minskar därigenom bottenskjuvspänningen lokalt.

3.1.3 Kombinerad bottenskjuvspänning

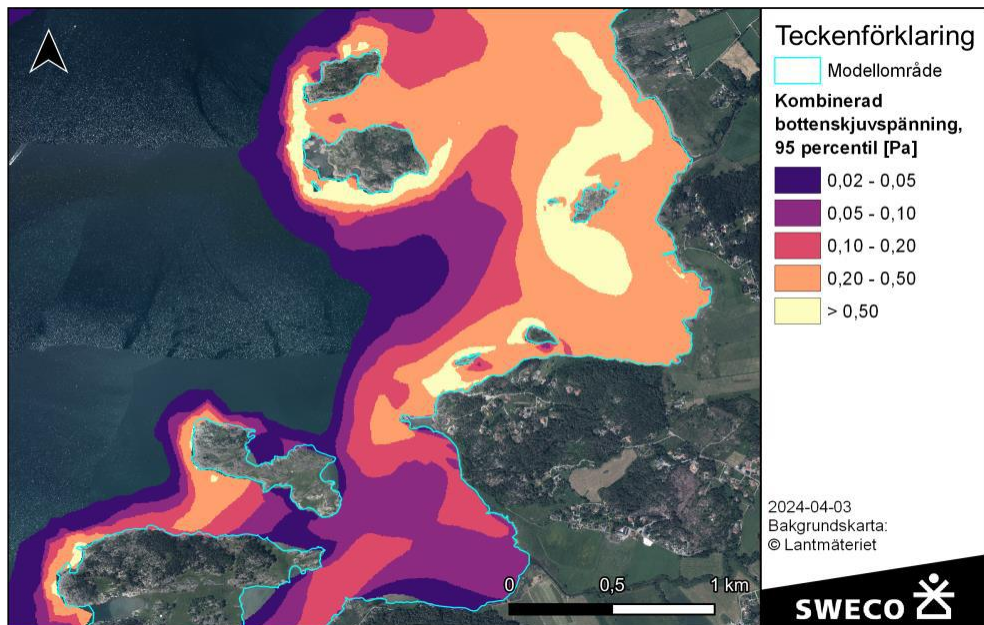
I figur 12 visas beräkningar av kombinerad bottenskjuvspänning i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile. En mer detaljerad karta över Kyrkeby kile presenteras i figur 13.



Figur 12. Kombinerad våg-och ströminducerad bottenskjuvspänning i ett större område kring Bärby och Kyrkeby kile. 95:e percentilen.

Sammanfattningsvis visar resultaten att bottnar kring Källsnäs udde, Dyholmen och Skutholmen har relativt hög exponering för både våg- och ströminducerad bottenskjuvspänning, vilket även återspeglar sig i kartorna över kombinerad bottenskjuvspänning.

I figur 9 och figur 13 framträder även förhöjd bottenskjuvspänning utmed vikens kuster. Vid rakt västliga eller västnordvästliga vindar bedöms en måttlig vinduppstuvning uppstå i Kyrkeby kile. När vattnet pressas upp mot strandängarna kan returströmmar längs med vikens flanker uppstå, vilket avspeglas i den kustnära strömningen. Till viss del kan även dessa strömmar vara förknippade med våginducerad strömning från brytande vågor. Vid tolkning av resultaten bör även hänsyn tas till det faktum att hamnkonstruktionerna inte är representerade i modellens beräkningsnät.

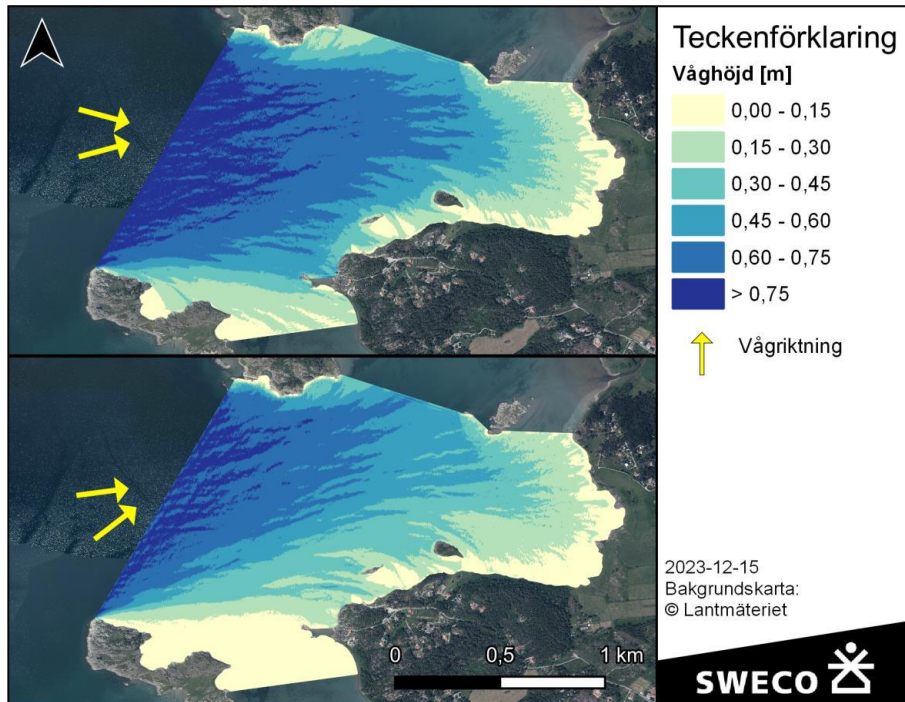


Figur 13. Kombinerad våg- och ströminducerad bottenkjuvspänning i Kyrkeby kile. 95:e percentilen. Kartans utsträckning i förhållande till den i Bärby framgår av figur 12.

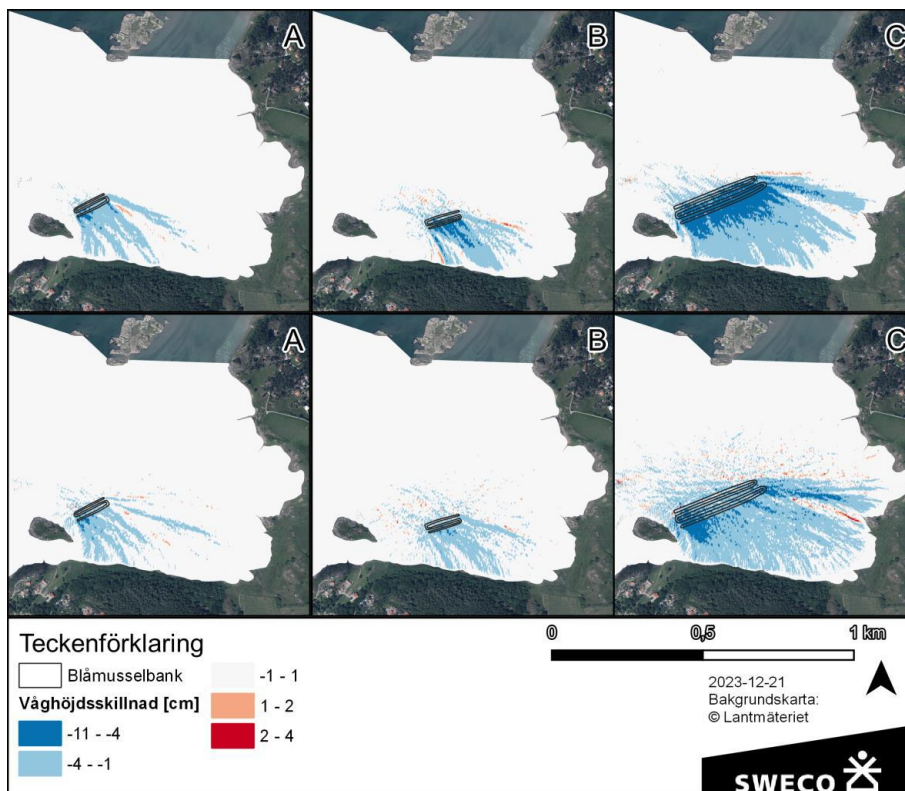
3.2 Fasupplöst vågmodellering

I figur 14 visas resultat från simulering av vågornas rörelser in mot kusten. Den övre figuren visar vågor med en mer västlig riktning (scenario 1 i tabell 1) medan den undre figuren visar vågor med en sydvästlig riktning (scenario 2 i Tabell 1). Scenario 2, med sydvästlig vågriktning, är det mest frekvent förekommande vågklimatet i Kyrkeby kile. Av figuren framgår att våghöjden utmed berörda strandängar är måttlig under dessa förhållanden, men att vågor genom en kombination av diffraktion och refraktion kan ta sig runt Dyholmen och nå kusten. Figuren visar vågsimuleringar utan musselbankarna.

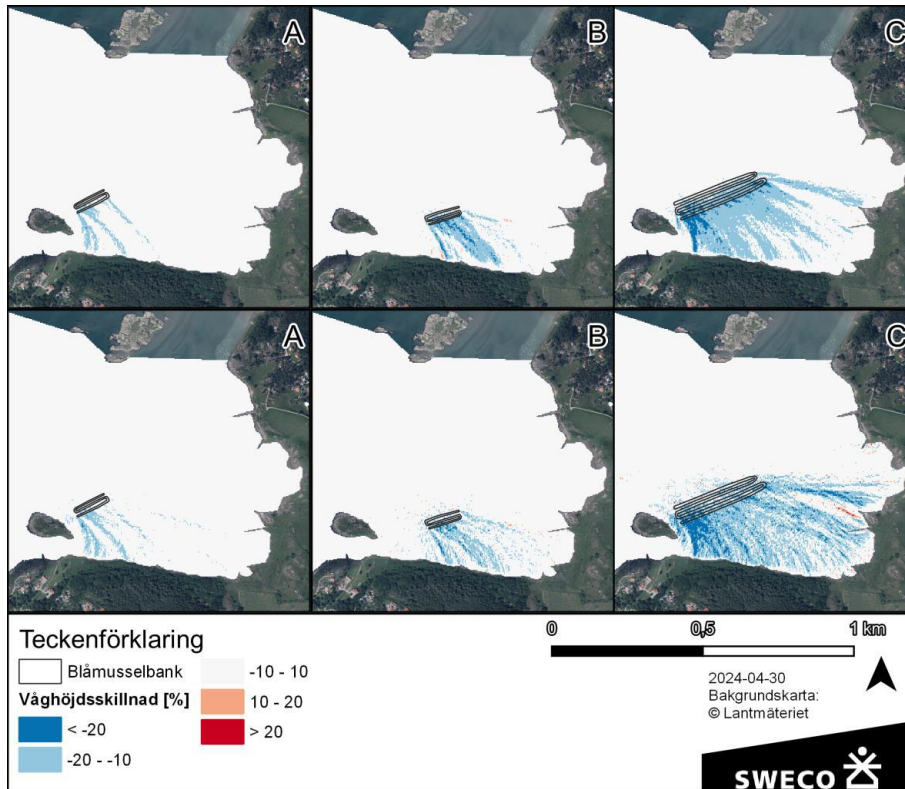
I figur 15 visas kartor över vågdämpning från de tre studerade musselbankarna. De övre kartorna visar vågor mest västlig riktning (scenario 1) och de undre visar vågor med sydvästlig riktning (scenario 2). Vågdämpningen illustreras även som en procentuell skillnad i våghöjd mellan alternativ med respektive utan musselbankarna i figur 16.



Figur 14. Vågssimuleringar av dagsläget (ingen bank) vid två olika vågriktningsscenarioer. Övre kartan visar inkommande vågor från väst och den nedre kartan visar inkommande vågor från västsydväst.



Figur 15. Vågdämpning vid tre olika bankutformningar. Övre raden: vågor från väst. Nedre raden: vågor från västsydväst



Figur 16. Procentuell vågdämpning vid tre olika bankutformningar. Övre raden: vågor från väst. Nedre raden: vågor från västsydväst

Modellresultaten som illustreras i figur 15 och figur 16 antyder följande:

- Den beräknade vågdämpningen under simulerade förhållanden uppgår till cirka 1–4 cm invid strandkanten, för samtliga alternativ.
- Den maximala vågdämpningen till följd av musselbankarna uppgår till 4–11 cm under simulerade förhållanden.
- Högst vågdämpning ses över själva musselbanken eller direkt i ”lä” av banken.
- Med en mer utbredd musselbank ses högre absolut vågdämpning, och även vågdämpning i ett större geografiskt område.
- Om banken placeras närmare stranden ökar vågdämpningen vid kusten.

Resultaten visar vidare att det även uppstår viss vågreflektion till följd av revet, vilket medför att mindre skillnader i våghöjd även uppstår ”framför” skyddet. Dessa våghöjdskillnader är dock mycket små och bedöms inte ge upphov någon fysisk påverkan på bottenarna.

4 Slutsatser

4.1 Blåmusselbank

Vilken utformning av en blåmusselbank (höjd, bredd, geometri, geografisk placering) är optimal för att få störst effekt när det gäller vågdämpning inne vid stranden längst in i viken?

Vågdämpningen ökar med ytarealen av blåmusselbanken. En stor musselbank ger således högre vågdämpning. En bred musselbank (i vågornas riktning) ger högre absolut vågdämpning medan längden av banken ger dämpning i ett större område.

Bank A och B har en snarlik geometrisk form men olika orientering gentemot infallande vågor. Baserat på utförd modellering går det inte att dra några tydliga slutsatser om hur denna vinkel påverkar vågdämpningen, men det kan återigen poängteras att en ökad bredd ger högre absolut vågdämpning.

Den förändring av botten djupet som den 12,5 cm höga blåmusselbanken ger upphov till har en viss effekt på vågdämpningen men även bankens ökade bottenfriktion är av betydelse.

Var bör blåmusselbanken placeras för att ha optimal effekt?

Modelleringen visar att vågdämpningen för de mindre bankarna uppgår till ett par centimeter under simulerade förhållanden. Modelleringen baseras på antaganden som kan ge en överdriven vågdämpning, till exempel genom den mycket höga bottenfriktionen som bankarna antas ge upphov till. Givet dessa modellresultat förväntas därför musselbankarnas erosionsreducerande effekt på strandängarna vara marginell.

Det kan dock inte uteslutas att musselbankarna har en viss vågreducerande effekt, och bankarna kan förväntas ge bäst effekt om de placeras nära de områden som har högst erosionstryck.

Musselbankarna kan även i viss mån anses utgöra en övertäckningsåtgärd, vilket skulle kunna reducera resuspension av fina botten-sediment. Om musselbankarna placeras i områden med relativt hög bottenkjuvspänning kan de därigenom bidra till minskad grumling och bättre förutsättningar för återetablering av ålgräs. De botten som har högst bottenkjuvspänning är omkring Alternativ A, vid Källsnäs udde eller väster om Skutholmen. Även i dessa områden har ålgräsbestånden minskat (se figur 1).

Hur bör blåmusselbanken utformas för att få så stor effekt som möjligt?

För att få så stor vågdämpande effekt som möjligt av blåmusselbankarna bör de utformas så att vågorna färdas över dem över så lång sträcka som möjligt. Banken bör alltså vara så bred som möjligt i vågornas färdriktning. Frågan om musselbankens detaljutformning blir således en avvägning mellan tillgänglig mängd musslor och hur stort område som avses skyddas.

Kan blåmusselbanken komma att påverka sedimentationsmönster i viken och särskilt i närliggande småbåtshamn?

Modellresultaten från denna studie pekar mot en ökad vågdämpning och även en möjlighet för minskad resuspension av finsediment till följd av anläggandet av en blåmusselbank. Ingenting i resultaten indikerar att åtgärderna skulle leda till ökad sedimenttransport mot småbåtshamnen eller förändrade förutsättningar för ackumulation i detta område.

4.2 Övertäckning

Var uppstår grumlingen först, och vid vilka väderförhållanden?

Fältobservationer i form av drönarfotografier i Kyrkeby kile pekar mot att resuspension förekommer i dessa områden under många olika väderförhållanden. Vid västliga vindar startar grumlingen redan vid måttliga vindhastigheter (4–5 m/s) och grumlingen ökar med ökade vindhastigheter. (Moksnes et. al, (2023)) Observationerna visar även att resuspension av sediment sker vid frånlandsvind, när inga vågor förekommer i området.

Dessa observationer, tillsammans med de beräknade våg och ström-inducerade bottenskjuvspänningarna, leder till bedömningen att i området kring Källsnäs udde sker troligtvis främst ströminducerad resuspension. I andra delar av Kyrkeby kile, främst området mellan Dyholmen och Skutholmen, som är mer vågexponerade bedöms resuspension i större utsträckning kunna vara våginducerad. Det faktum att dessa områden är mer vågexponerade innebär dock samtidigt att de bottensedimentet som återfinns i där redan skulle kunna vara anpassat för ett kraftigare vågklimat. Provtagning av bottensedimenten på fler lokaler i området hade kunnat leda till säkrare slutsatser kring dessa frågor.

Vilka bottenytor uppvisar högst bottenskjuvspänningar, och kan täckning av dessa bottenar leda till minskad grumling i närområdet?

Resuspension av sediment sker när bottenskjuvspänningen överstiger den kritiska bottenskjuvspänningen för sedimentet, alltså när krafterna är tillräckligt höga för att få de enskilda partiklarna i rörelse. En hög bottenskjuvspänning innebär därför inte per automatik att sedimentet lätt går i suspension.

Den beräknade bottenskjuvspänningen bör därför huvudsakligen tolkas som en indikation på var resuspension av sediment kan ske, givet att det finns sediment som kan sättas i rörelse. Beräkningarna antyder att det är tre huvudsakliga områden där både ström- och våginducerad bottenskjuvspänning är särskilt hög; vid Källsnäs udde, norr om Dyholmen samt väster om Skutholmen. Det ska poängteras att den ströminducerade bottenskjuvspänningen är direkt kopplad till de storskaliga strömningsmönster som uppstår genom vattenståndsvariationer mellan Stenungssund och Marstrand. Modellresultaten antyder att en del av vattnet strömmar in och ut genom förträngningen vid Källsnäs udde. Hur stor andel av vattnet som passerar förbi denna förträngning är beroende av djupförhållanden i närliggande vikar. Djupinformationen är god i Kyrkeby kile, men bristande kvalitet av denna data kan påverka den beräknade strömningen.

Omvänt kan däremot sägas att i områden med låg beräknad bottenskjuvspänning sker troligtvis ingen resuspension. Grumligt vatten i dessa områden bedöms ha sitt ursprung i närliggande områden med högre bottenskjuvspänning. Resultaten från beräkningarna kan således användas för att utesluta områden där övertäckning inte bedöms leda till minskad resuspension.

5 Referenser

- CHC. (2006). PSsed4.3 - A Langrarian Sediment Transport Model .
Ottawa: Canadian Hydraulics Center.
- Hsiao, S., & Shemdin, H. (1978). BOTTOM DISSIPATION IN FINITE-DEPTH WATER WAVES. *Coastal Engineering*, (ss. 434 - 448). Hamburg.
- Moksnes, P.-O., Eriander, L., Infantes, E., Karlsson, K., & Bernal, M. (2023). Rapport förstudier sandtäckning Kyrkeby kile. GU.
- Puttnam, J., & Johnson, J. (1949). The dissipation of wave energy by bottom friction.
- Soulsby, R., & Whitehouse, R. (1997). Threshold of Sediment Motion in Coastal. *Proc. Pacific Coasts and Ports '97*, (ss. 149-154). Christchurch.
- Swart, D. (1974). Offshore sediment transport and equilibrium beach profiles. *Delft Hydraul. Lab. Publ.* 131.
- Sweco. (2023). Hydrodynamisk modellering av vågor och strömmar.
- van Rijn, L., & Wijnberg, K. (1996). One-dimensional modelling of individual waves and wave-induced longshore currents in the surf zone. *Coastal Engineering* 28, (ss. 121 - 145).