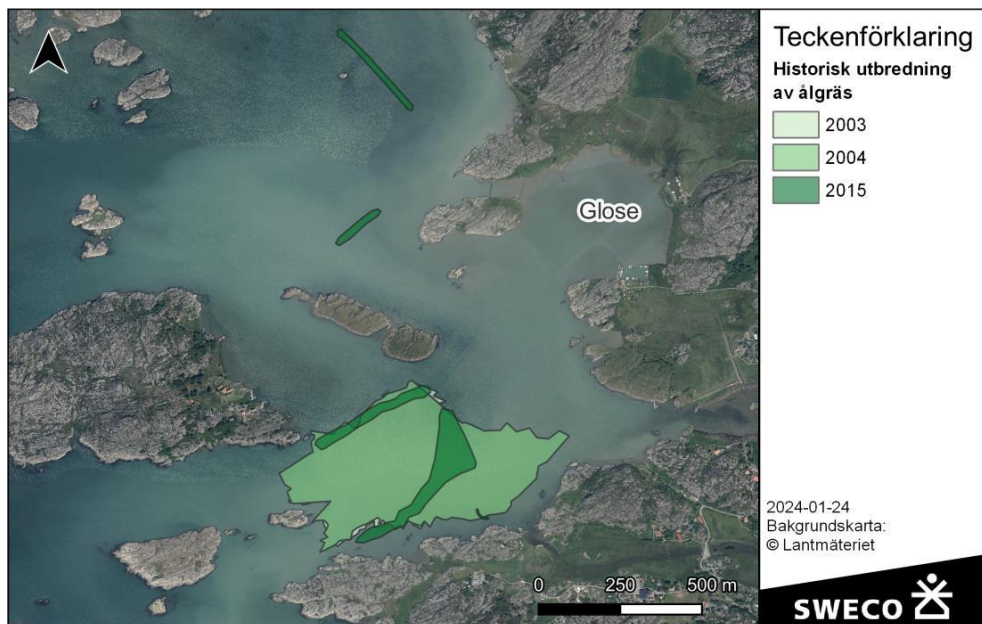


# Kusthydrauliska studier i Glose

Vid Glose planeras ett antal olika naturanpassade åtgärder mot erosion inom ramen för projektet Manabas Coast. De huvudsakliga studerade åtgärdsalternativen består i:

- Anläggande av stenrevel mellan St. Överön och Stenholmen. Stenreveln syftar till att reducera grumligheten som Nordre älvs tillflöde medför i området bakom reveln, där beståndet av ålgräs har minskat över tid för att 2021 vara helt borta (se figur 1).
- Anläggande av stenrev i Gloseviken. Åtgärden syftar till att dämpa vågor och därigenom även risken för stranderosion.
- Förstärkning av befintliga stenrevlar ut till Bringebärsholmen. Åtgärden syftar till att reducera våghöjden och strömningen in genom sundet, för att därigenom erosionsrisken i Gloseviken.

Detta PM syftar till att beskriva de kusthydrauliska förutsättningarna på platsen samt att med hjälp av modellverktyg utvärdera och optimera åtgärderna.



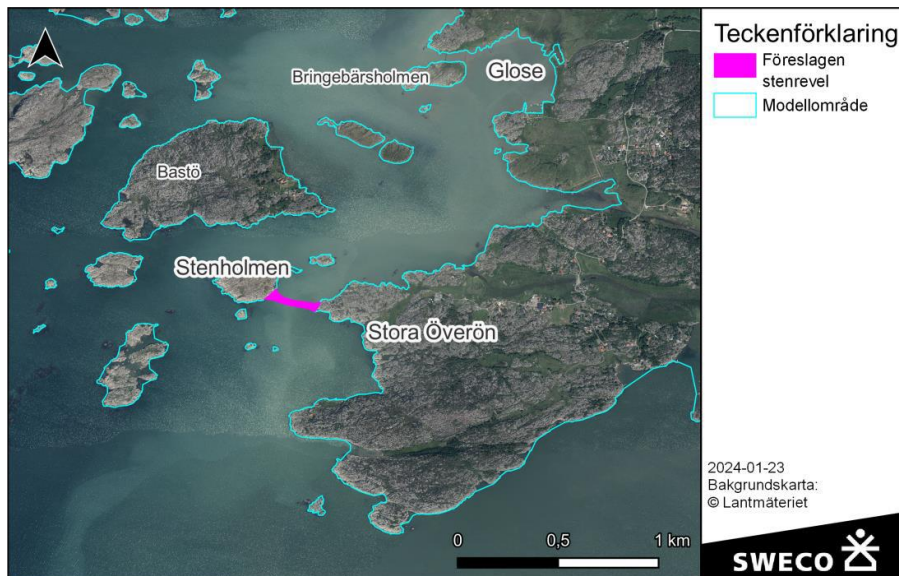
Figur 1. Historisk förekomst av ålgräs i området.

## 1. Platsspecifika frågeställningar i Glose

De åtgärder som planeras i Glose syftar huvudsakligen till att minska erosionshastigheten i de låglänta strandängarna längst in i viken, men även till att förbättra siktförhållandena för att ge bättre förutsättningar för återetablering av ålgräs.

### 1.1 Vattenomsättning och turbiditet

- Vad får det för effekt på vattengenomströmningen och sedimenttransporten från Nordre älv, om man stänger igen sundet mellan St. Överön och Stenholmen med sten?
- Hur kommer siktförhållandena i kustområdet förändras till följd av åtgärden?



Figur 2. Placeringen av den föreslagna stenreveln mellan Stenholmen och St. Överön i förhållande till Glose.

### 1.2 Stenrev med blåmusslor

- Hur bör ett stenrev bäst placeras för att få störst effekt när det gäller vågdämpning inne vid strandängarna? Revens maximala höjd ska vara i linje med medelvattenytan och reven ska ej placeras grundare än 50 cm bottendjup.
- Vilken orientering bör reven ha för optimal funktion?

### 1.3 Förstärkning av befintlig stenrev

- Vad får det för effekt om man förstärker den västra stenreveln ut till Bringebärsholmen, så att vågrörelserna minskar? Även den östra stenreveln?

## 2. Metodik

Modelleringen av strömmar och vågor i denna studie baserar sig till stor utsträckning på en storskalig hydrodynamisk modell, vilken beskrivs i huvudrapporten *Hydrodynamisk modellering av vågor och strömmar* (Sweco, 2023). I följande metodikkapitel redovisas hur detta verktyg använts för att besvara de platsspecifika frågeställningarna, samt hur modellverktygen anpassats för mer detaljerade studier.

I kapitel 2.1 förklaras begreppet bottenskjuvspänning och hur denna beräknats.

I kapitel 2.2 presenteras den modellering som utförts för att studera spridning av grumligt vatten från Nordre älv.

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

I kapitel 2.3 beskrivs metodik för vågmodellering, modelluppbyggnad och hur drivdata till modellen valts ut baserat på det vågklimat som beräknats inom ramen för detta projekt.

### 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 Spridningsmodellering från Nordre älv

Nordre älvs vatten har generellt hög turbiditet (grumlighet). Detta vatten pressas, under en stor del av tiden, till följd av corioliseffekten och de förhärskande sydvästliga vindarna norrut. Detta leder till ett strömningsmönster där Nordre älvs vatten ofta och i hög utsträckning kan nå både vattenområdet söder och sydväst om Bastö samt Glose, något som kan ha konsekvenser för vattenkvaliteten.

För att undersöka i vilken utsträckning Nordre älvs grumliga vatten når intresseområdet samt huruvida anläggandet av en stenrevel i sundet mellan St. Överön och Stenholmen (se figur 2) kan påverka detta strömningsmönster har en spridningsmodell satts upp. Spridningsmodellen har upprättats i programvaran Telemac2D och är baserad på den strömningsmodell som beskrivs i Sweco (2023). Modellen har anpassats

genom introducerandet av en impermeabel stenrevel mellan St. Överön och Stenholmen.

För att bedöma förändringen i vattenutbytet har ett fiktivt, vattenlösligt och kemiskt inert spårämne tillsatts Nordre älvs vatten. Denna studie kan likställas med infärgningsexperiment, där koncentrationen studeras över tid. Notera att denna metodik inte tar hänsyn till koncentrationsminskningar på grund av sedimentation.

Med hjälp av modellen har perioden juli till och med augusti 2011 simulerats, för scenariot med respektive utan stenrevel mellan St. Överön och Stenholmen. Tidsperioden har valts godtyckligt, och bedöms vara tillräckligt lång (2 månader) för att kunna beskriva en bred uppsättning strömningsförhållanden.

## 2.3 Högupplöst 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 föreliggande projekt upprättades en fasupplöst vågmodell över Glose skärgård i programvaran Artemis. Tidigt i projektet identifierades att de vågor som når Glose från skärgården är mycket små och att de vågor som har betydelse för kusterosion byggs upp inom själva studieområdet. Programvaran Artemis saknar förmågan att beskriva våguppbyggnad till följd av vind. Därmed bedömdes en högupplöst spektral vågmodell i programvaran Tomawac vara mest lämplig för att beskriva påverkan på vågklimatet från planerade konstruktioner.

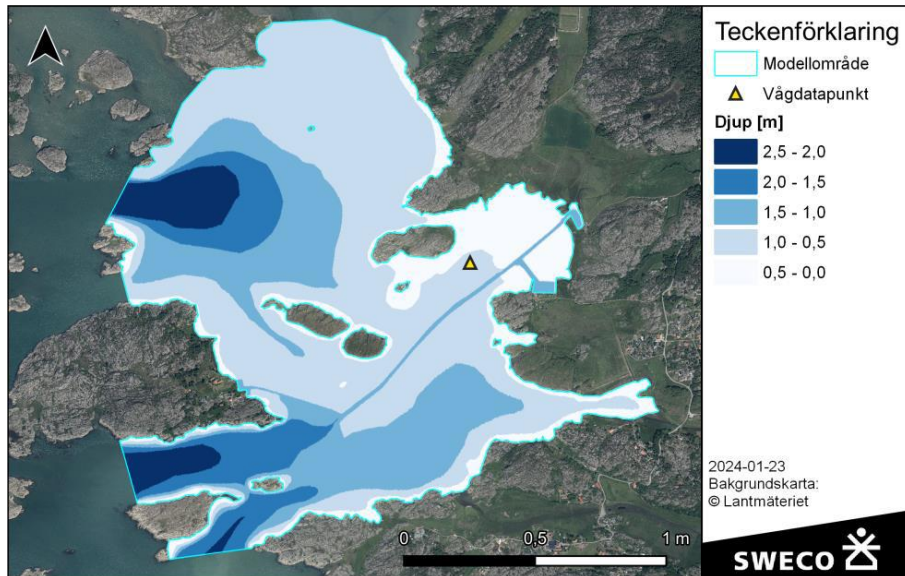
Då Tomawac inte till fullo har kapacitet att beskriva komplexa vågdämpningsfenomen har två beräkningsfall tagits fram:

- Ett fall där revet beskrivs genom en lokal höjning av batymetrien.
- Ett fall där revet beskrivs som en ogenomsläpplig ”ö”.

Det senare beräkningsfallet syftar till att beskriva den *maximala* vågdämpning som ett stenrev på föreslagen lokal kan tänkas ha.

### 2.3.1 Modelluppbyggnad och indata

För att simulera vågklimatet med och utan musselbankar har en högupplöst (1,75 – 20 meter) vågmodell över skärgården omkring Glose tagits fram. Djupen i modellen har hämtats från den storskaliga hydrodynamiska modellen som beskrivs i Sweco (2023).

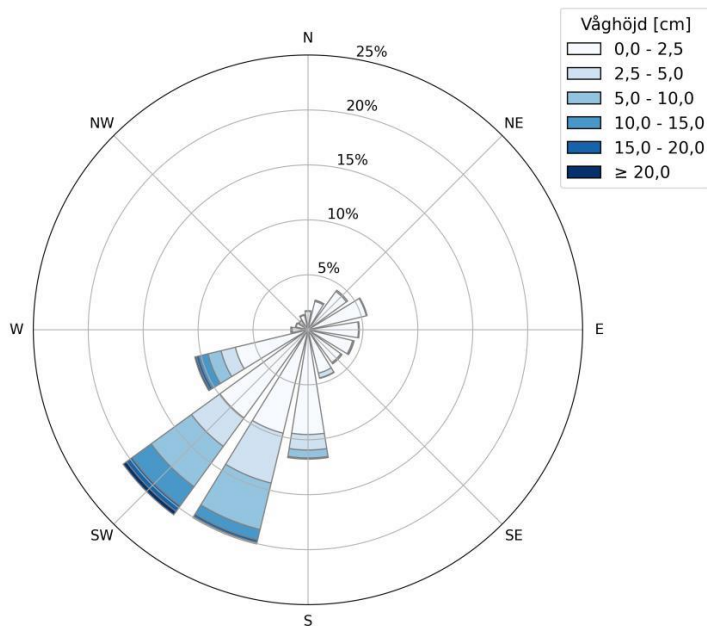


Figur 3. Karta visandes den högupplösta vågmodellens utbredning tillsammans med djupraster. I kartan visas även en punkt där vågdata har hämtats från den storskaliga modellen. Vid vågdatapunkten är vattendjupet cirka 0,5 meter.

### 2.3.2 Vågklimat och simulerade förhållanden

För att utvärdera vilka vågförhållanden som är relevanta att nyttja för detaljerade studier av vågdämpning har vågklimatet i Glose analyserats med hjälp av resultat från den storskaliga spektrala vågmodellen.

Vågklimatet i Glose illustreras i form av en vågros i figur 4, där det framgår att de förhärskande vågriktningarna är från sydväst och att de största våghöjderna också faller in med en sydvästlig riktning.

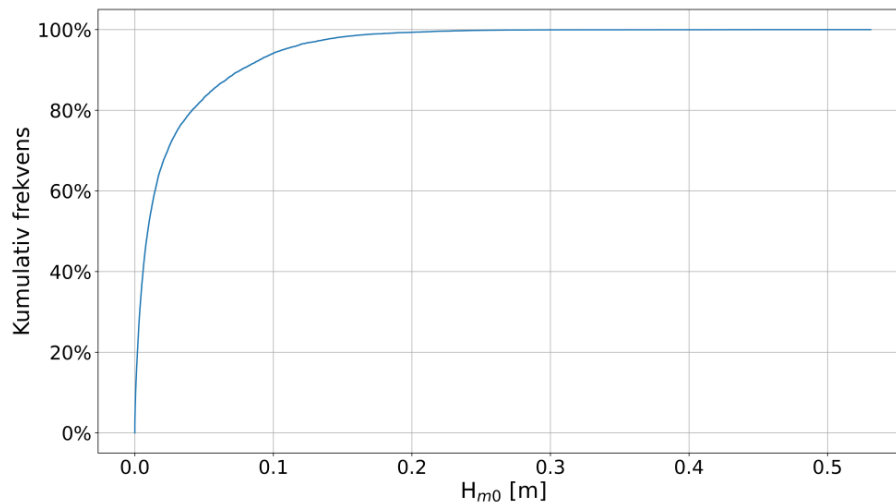


Figur 4. Vågros från datapunkten i figur 3.



För att beskriva våguppbbyggnaden i området har relevanta vindscenarier tagits fram. Två vindscenarier har valts; ett som leder till extrema våghöjder, och ett som leder till vågor av sådan höjd att de ungefärligen återkommer årligen. Vindscenarierna har tagits fram genom en analys av våghöjderna i vågdatapunkten (figur 3) jämfört med vindhastighet<sup>1</sup>.

I figur 5 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.

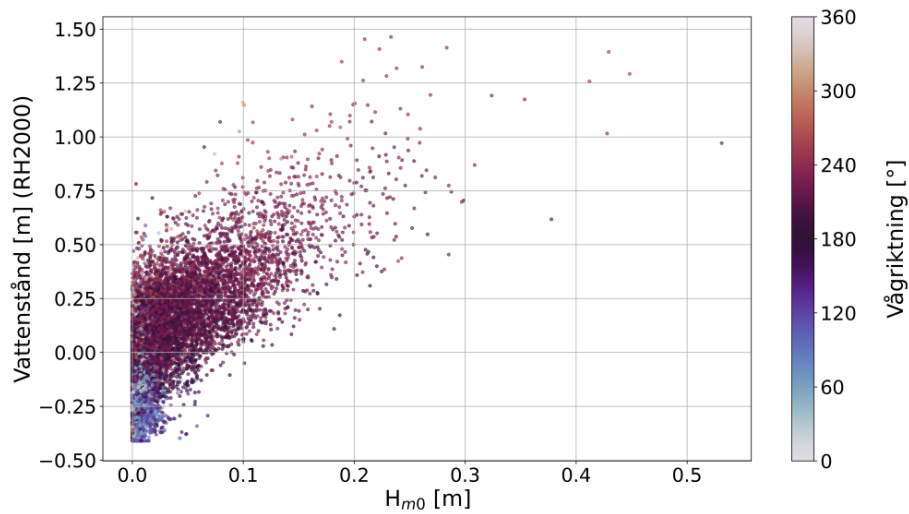


Figur 5. Kumulativ frekvens av vågor med given våghöjd. Den blå linjer visar i hur stor andel (%) av tiden vågor under en given höjd förekommer. Exempelvis illustrerar figuren att våghöjden i punkten är under 0,1 meter i ungefär 95% av tiden.

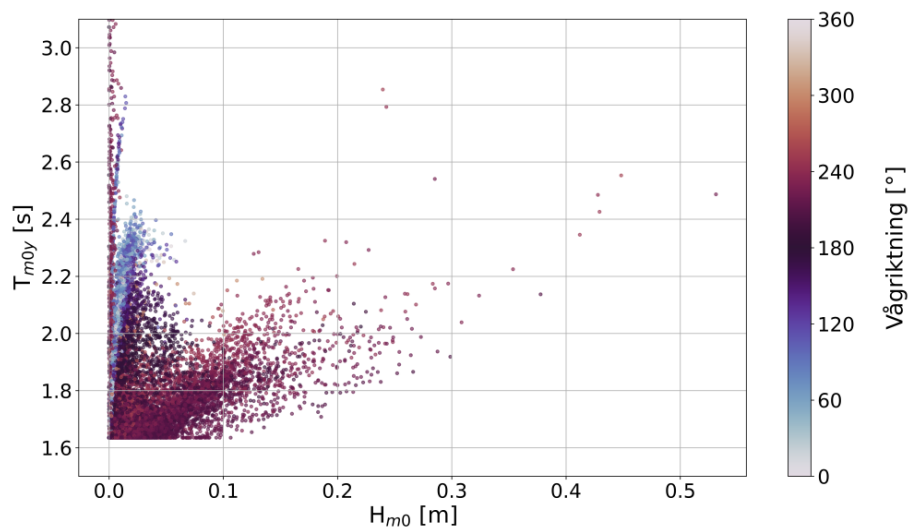
I figur 6 visas samvariationen mellan våghöjd och stillvattenyta. Av figuren framgår även hur vågriktningen påverkar dessa. Figuren visar att höga vågor och höga vattenstånd har en viss korrelation. Vidare kan det utläsas att de största vågorna har en riktning från syd och sydväst.

I figur 7 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 Glose, men analysen visar att endast lokalt genererade vågor förekommer i området. Vidare visar figuren tydligt att vågor med sydlig och sydvästlig riktning ger upphov till högst våghöjder och längst perioder.

<sup>1</sup> Vindhastighet från ERA5, se *Hydrodynamisk modellering av strömmar och vågor* (Sweco, 2023).

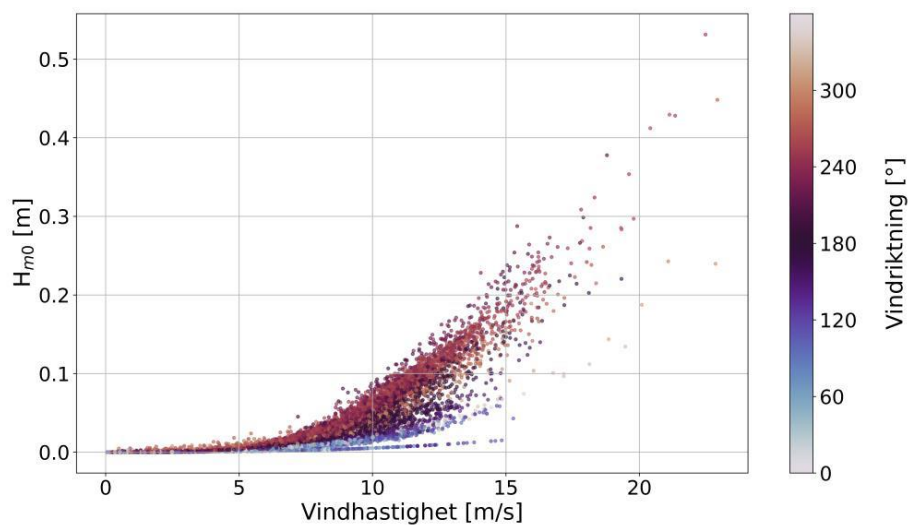


Figur 6. Figuren visar samvariation mellan våghöjd och stillvattenyta. Färgen på prickarna symboliserar även vågriktningen. Riktningen för vågorna är definierad som "kommer från".



Figur 7. Våghöjder, -perioder och -riktningar som når Glose under den simulerade perioden. Riktningen för vågorna är definierad som "kommer från".

Ur figur 8 går det att utläsa att de högsta vågorna i studieområdet uppgår till cirka 0,5 meter. Genom att ranka vågdatan har det konstaterats att vågor högre än 0,2 meter återkommer årligen. Under dessa förhållanden är vindhastigheten cirka 22 respektive 15 m/s och med en sydvästlig riktning.



Figur 8. Våghöjdens beroende av vindhastighet och -riktning i Glose.

### 2.3.3 Utformning av stenrev

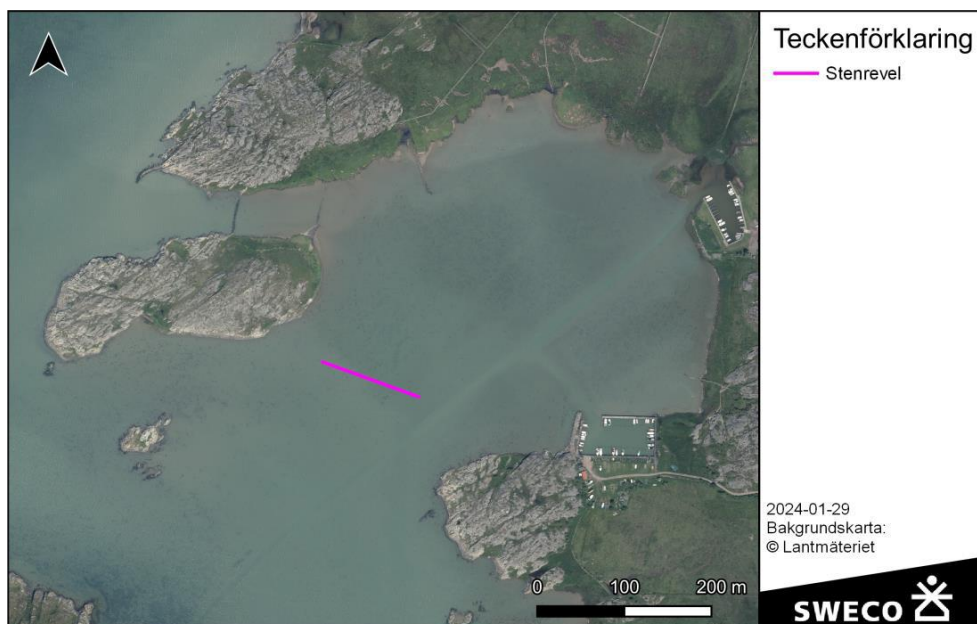
Utformningen av stenrev i Glose har skett i samråd med Länsstyrelsen i Västra Götaland. Följande ramar har beaktats vid framtagandet:

- Medelvattendjupet ska överstiga 50 cm.
- Revets höjd ska vara i linje med medelvattenytan.
- Revets placering ska vara minst 20–30 meter från inseglingrännan till hamnen.
- Revet ska orienteras för att åstadkomma maximal vågdämpning.

Framtagandet av revet har skett baserat på tillgängligt djupdataunderlag och dess placering redovisas i figur 9. Revets orientering har ansatts som vinkelrät mot medelriktningen av de 10% högsta vågorna, vilken beräknats till 210°.

Reven har introducerats i modellen både som en "ö" och som en lokal förhöjning av batymetrin. I det senare fallet har revet utformats med en smal krönbredd och en lutning 1:3,5 på vardera sida revet.





Figur 9. Placering av stenrev i Glose.

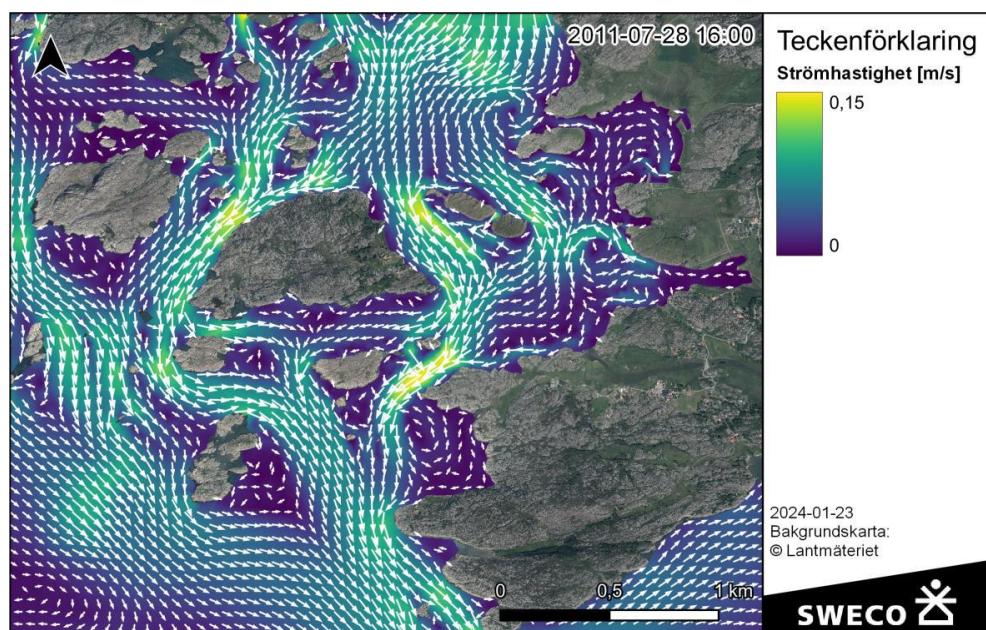
### 3 Resultat

I följande avsnitt presenteras resultat från spridningsmodellering, beräkning av bottenkjuvspänning samt vågmodellering.

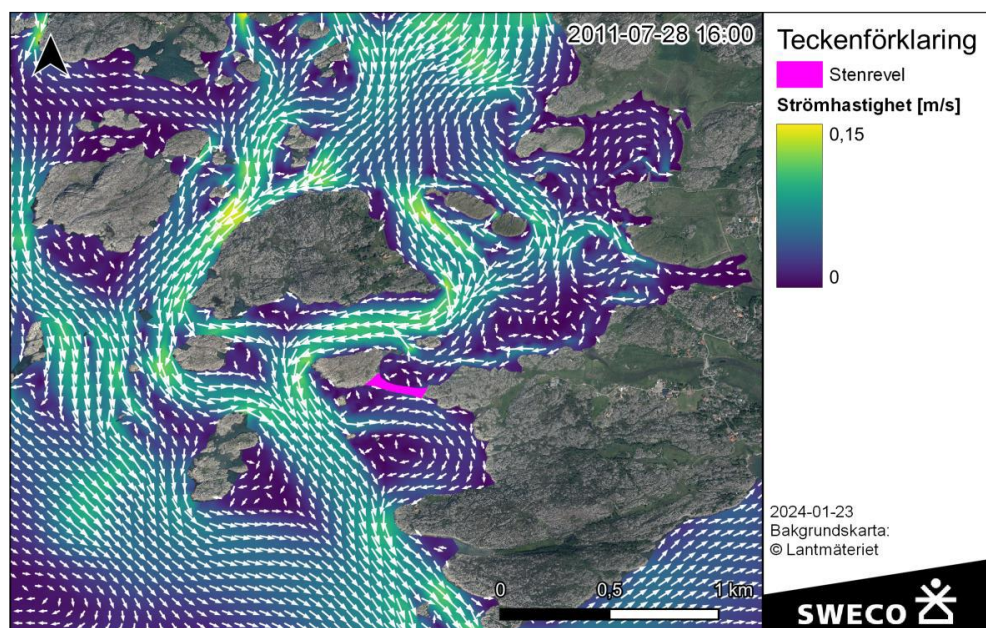
#### 3.1 Spridningsmodellering från Nordre älv

Två generella strömningsmoder identifierades i området kring Glose, ett med i huvudsakligen sydgående strömmar och ett med huvudsakligen nordgående strömmar. I figur 10 och figur 11 visas strömningsmönsterna i området kring Glose vid tillfällen som uppvisar tydliga sydliga strömmar, före och efter åtgärden. Motsvarande figurer för tillfällen med nordliga strömmar visas i figur 12 och figur 13.

Vid jämförelse av strömningsmönsterna i framgår att anläggandet av en impermeabel stenrev mellan Stenholmen och St. Överön leder om strömmarna så att de i större utsträckning går i sunden kring Bastö.

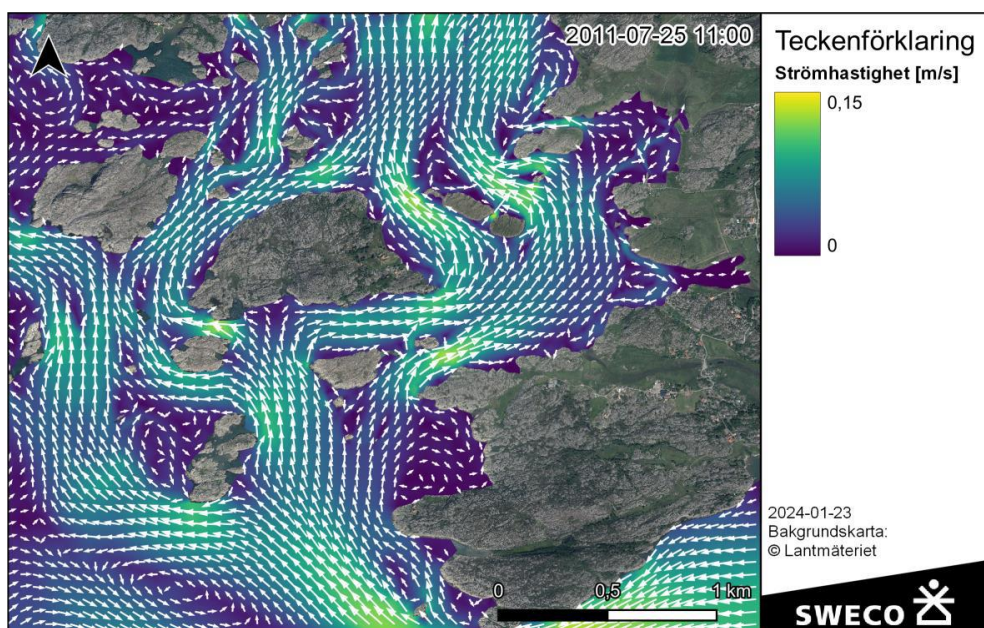


Figur 10. Strömningsmönster vid ett tillfälle med tydliga sydgående strömmar.

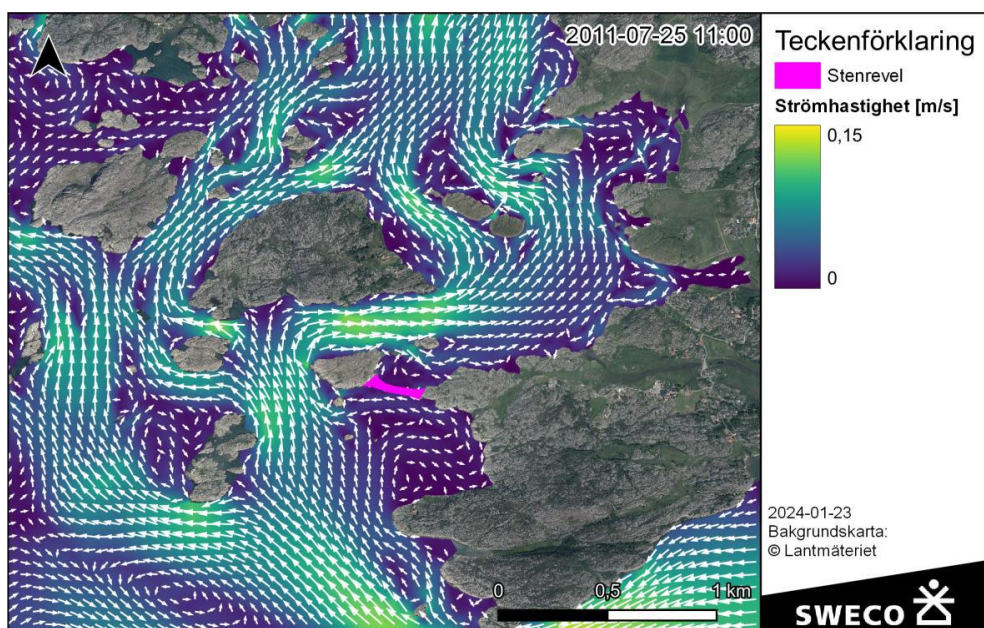


Figur 11. Strömningsmönster vid ett tillfälle med tydliga sydgående strömmar med en impermeabel stenrevel i sundet mellan St. Överön och Stenholmen.



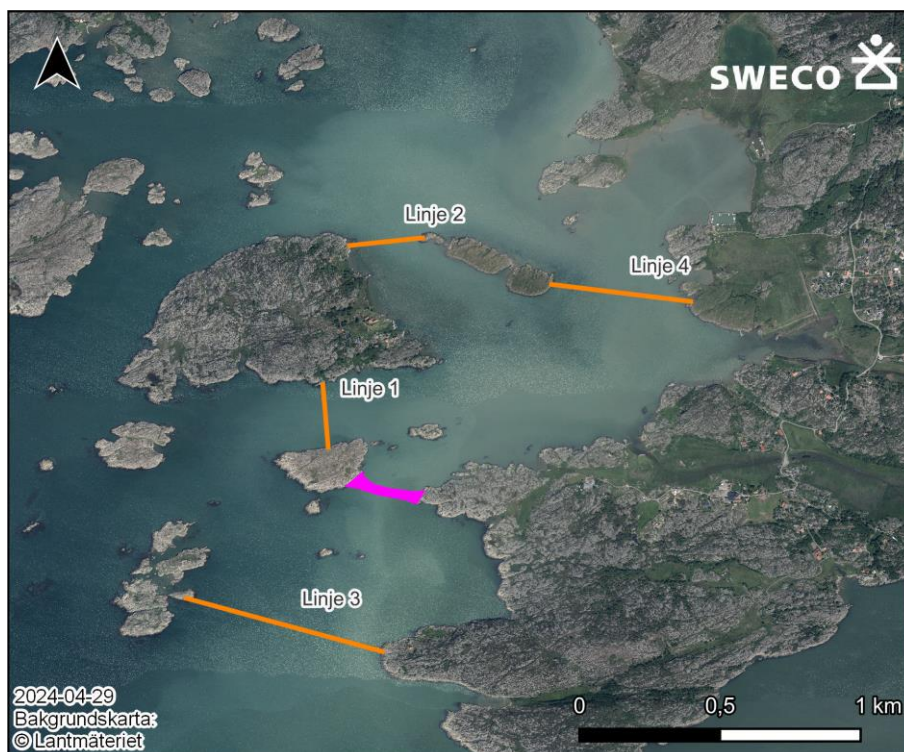


Figur 12. Strömningsmönster vid ett tillfälle med tydliga nordgående strömmar.



Figur 13. Strömningsmönster vid ett tillfälle med tydliga nordgående strömmar med en impermeabel stenrevel i sundet mellan St. Överön och Stenholmen.

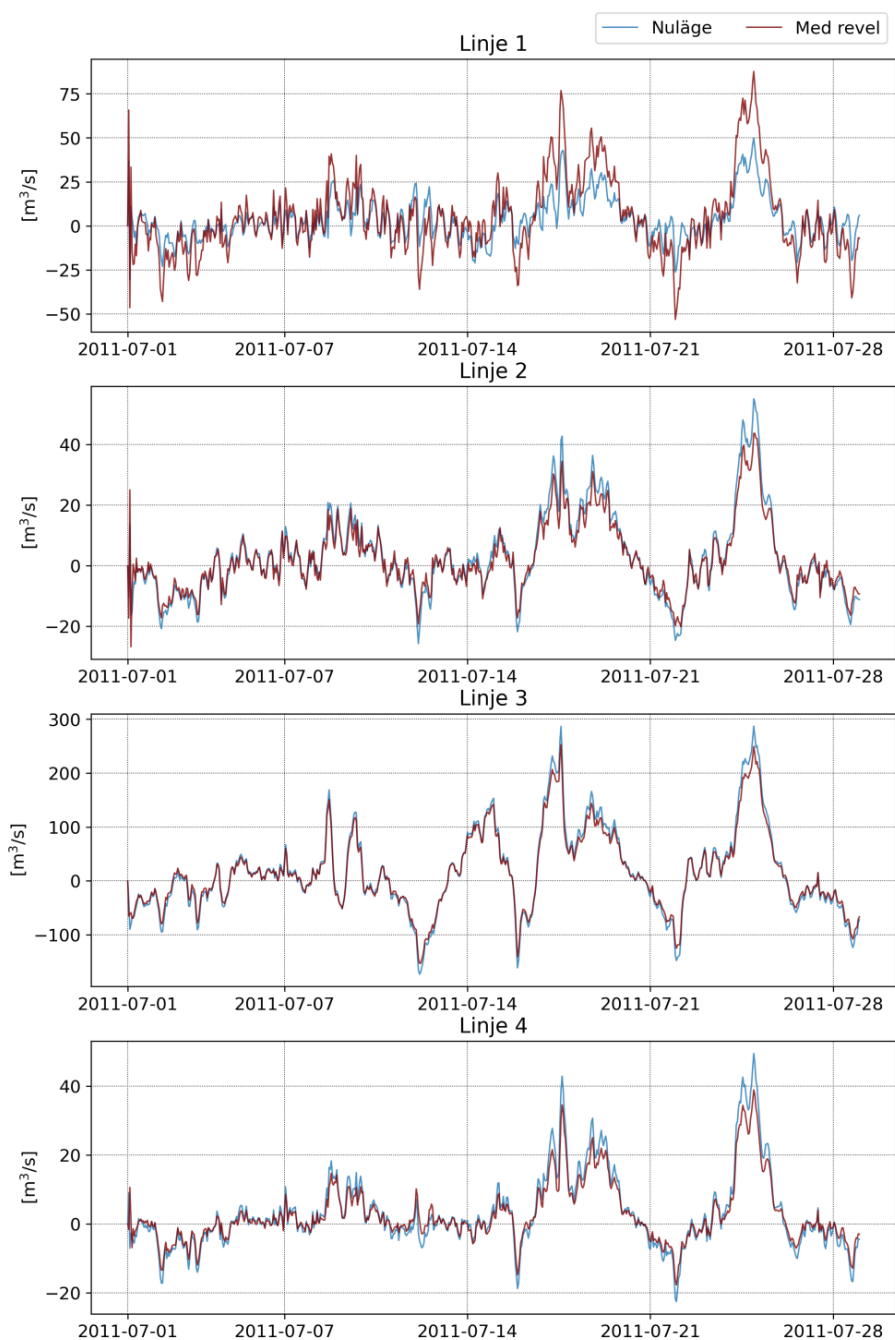
För att illustrera hur strömningen i kustområdet förändras till följd av stenreveln har även flödet över fyra olika sund i närområdet beräknats, se figur 14.



Figur 14. Placering av linjer för beräkning av flödesförändring.

Beräkningen visar medelflödet över djupet för varje timme av simuleringen, se figur 15. Ett positivt flöde innebär en nordgående ström och ett negativt flöde visar på en sydgående ström. Av figuren framgår att flödet genom linje 1 ökar till följd av stenrevelns uppförande. I andra halvan av simuleringsperioden, där vindhastigheterna är högre, blir denna ökning särskilt uttalad.

Flödet över sunden vid linje 2–4 påverkas i mindre utsträckning än i linje 1, och istället kan en generell minskning av flödet genom dessa ses. Minskningen kan sannolikt förklaras av att flödesmotståndet i hela skärgården ökar något, och att vattnet i högre utsträckning tar en annan väg (utanför innerskärgården vid Glose). Detta kan potentiellt innebära att uppehållstiden av vatten i området kring Glose ökar.

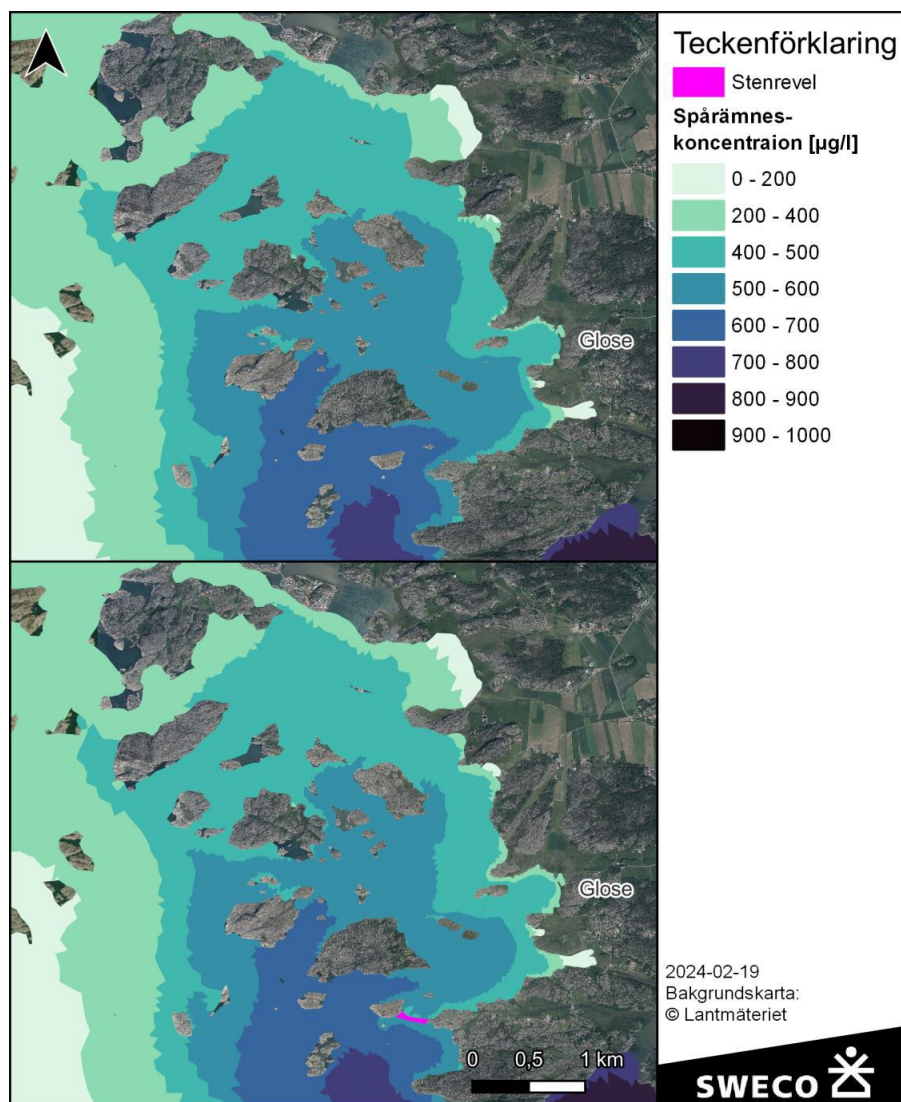


Figur 15. Diagram som visar flödet över 4 olika linjer med respektive utan stenrevell mellan St. Överön och Stenholmen. Linjernas placering framgår av figur 14. Blå linjer representerar nuläget och röda linjer representerar simuleringen med stenrevell.



I figur 16 visas skillnaden i medelkoncentration av det spårämne som under hela simuleringsperioden släppts med Nordre älvs vatten. Den initiala koncentrationen i vattnet i mynningen är 1000 µg/l. Figuren illustrerar att en betydande andel av vattnet i skärgården omkring Glose har sitt ursprung från Nordre älv. En koncentration på 500 µg/l innebär att andelen vatten som har sitt ursprung i Nordre älv är 50%.

Av figur 16 framgår att medelkoncentrationerna i området innanför sundet mellan Stenholmen och St. Överön sjunker med introducerandet av en stenrevel. Detta indikerar alltså att andelen vatten från Nordre älv minskar i dessa områden.



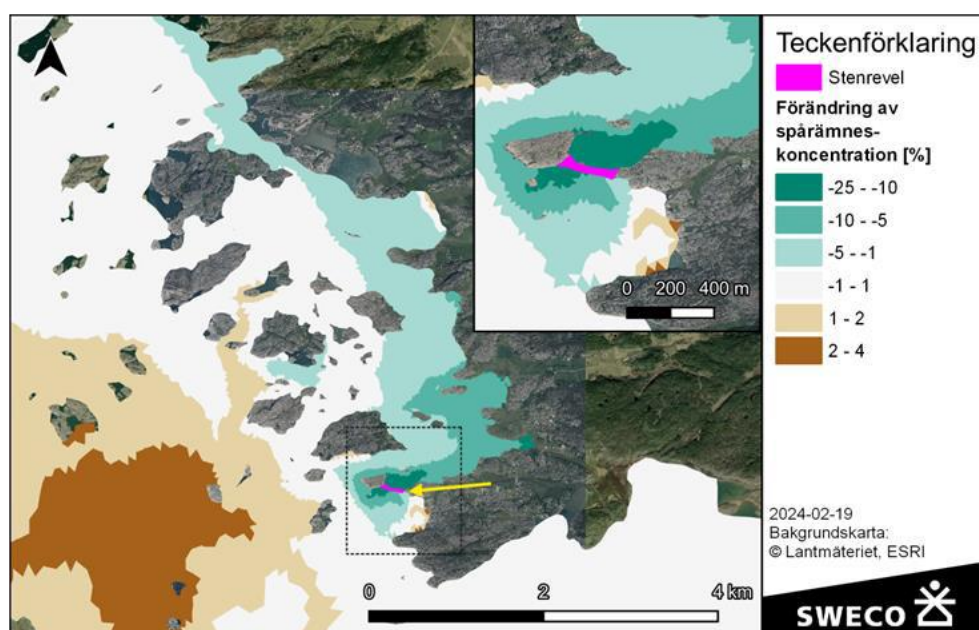
Figur 16. Figur visandes medelkoncentration av spårämne i Glose, för simulering med respektive utan stenrevel mellan Stora Överön och Stenholmen.



I figur 17 redovisas den beräknade skillnaden i medelkoncentration mellan de två olika scenarierna. I kartan ses tydligt att området kring den introducerade stenreveln nås av Nordre älvs vatten i mindre utsträckning.

Skillnaden mellan modellversionerna kan även ses över ett större kustavsnitt, flera kilometer norr om Glose, vilket indikerar att stenreveln kan få konsekvenser för strömningsmönstren i ett större område.

I skärgården utanför Stenreveln kan ses att andelen av Nordre älvvatten ökar till följd av att en större del av den nordgående transporten av älvvattnet sker längre ut från kustlinjen.



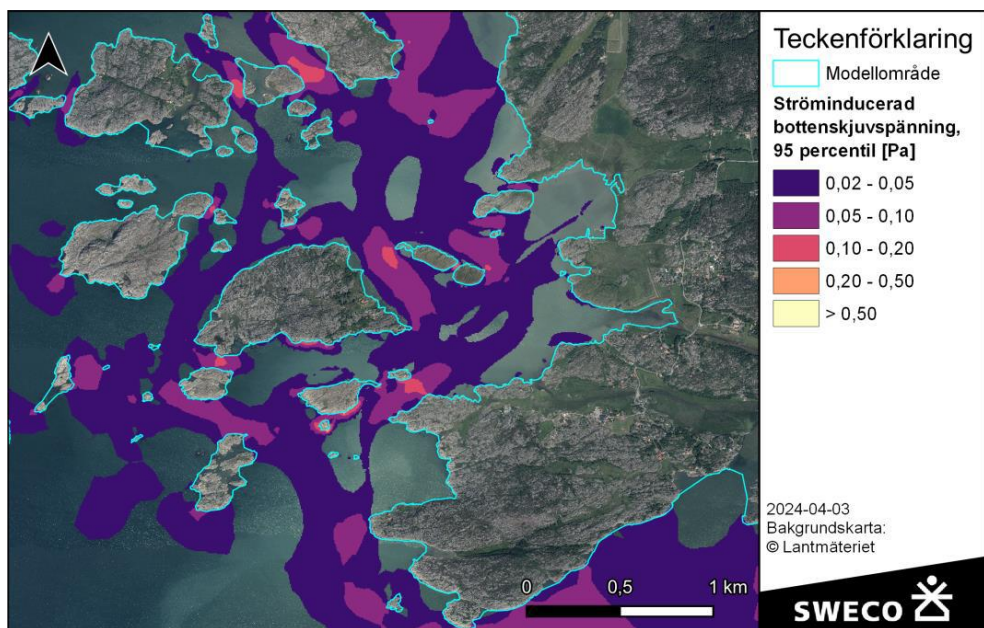
Figur 17. Karta som visar procentuell förändring av spårämneskoncentration från Nordre älv som följd av anläggandet av stenrevel mellan St. Överön och Stenholmen. Mörkare grön nyans betyder att "kvoten" vatten från Nordre älv minskar.

### 3.2 Bottenskjuvspänning

Beräkning av bottenskjuvspänning 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 bottenskjuvspänning är störst redovisas resultaten i kartor. Till följd av platsernas måttliga exponering redovisas 95-percentilen av beräknad bottenskjuvspänning. De värden som visas för bottenskjuvspänningen är alltså det värde som endast överskrids i 5% av tiden.

### 3.2.1 Bottenskjuvspänning från strömmar

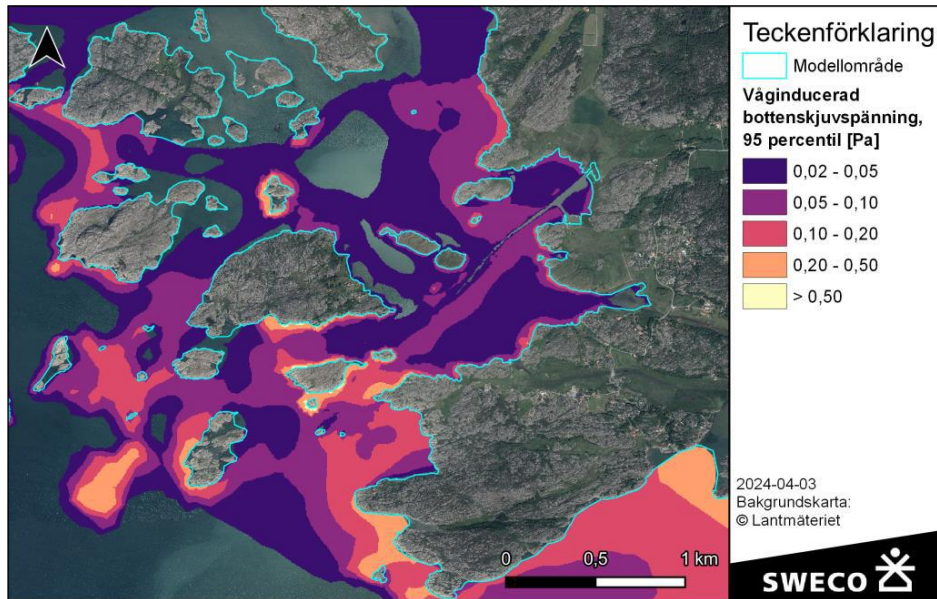
I figur 18 visas beräknad bottenskjuvspänning (95:e percentilen) till följd av strömmande vatten i skärgården omkring Glose. Av figuren framgår att den ströminducerade bottenskjuvspänningen är störst i sund och förträngningar. I Gloseviken är strömhastigheten generellt mycket låg, och så även den beräknade bottenskjuvspänningen. Notera att bottenskjuvspänningen är relativt hög i sundet mellan fastlandet och Bringebärsholmen genom vilket ett betydande vattenutbyte sker. Även i sundet mellan Stenholmen och St. Överön är bottenskjuvspänningen hög.



Figur 18. Ströminducerad bottenskjuvspänning i Glose. 95:e percentilen.

### 3.2.2 Bottenskjuvspänning från vågor

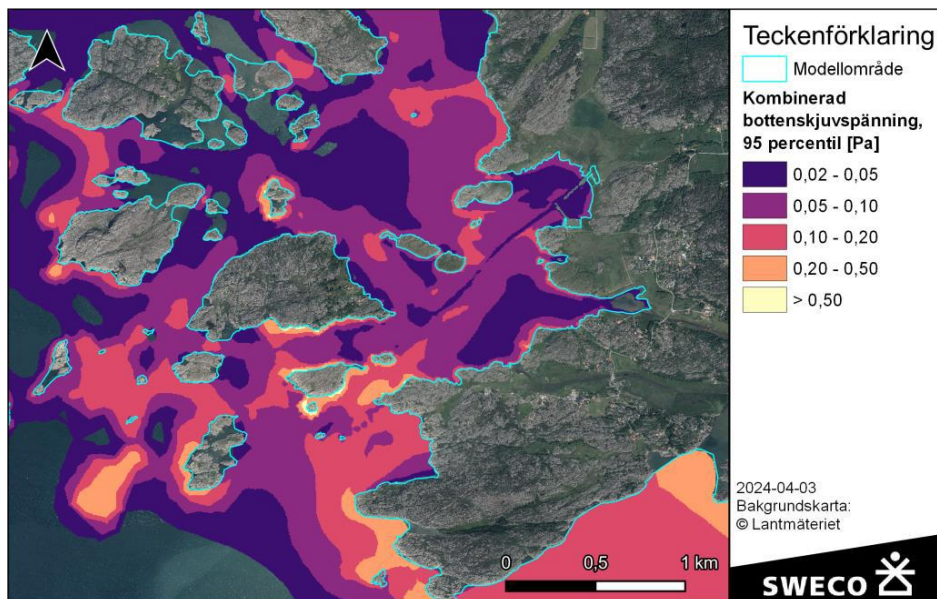
I figur 19 visas beräknad skjuvspänning (95:e percentilen) till följd av vågor i skärgården kring Glose. Av figuren framgår att den beräknade bottenskjuvspänningen till följd av vågor är högre i området utanför Stenholmen och Bastö där våghöjderna är större. Bottenskjuvspänningen till följd av vågor generellt är låg i Gloseviken.



Figur 19. Våginducerad bottenskjuvspänning i Glose. 95:e percentilen. Av figuren framgår att den beräknade bottenskjuvspänningen är högre i ytterskärgården där våghöjderna är större, och att skjuvspänningen till följd av vågor generellt är låg i Gloseviken.

### 3.2.3 Kombinerad bottenskjuvspänning

I figur 20 visas beräkningar av kombinerad bottenskjuvspänning i ett område kring Glose. Vid jämförelse av kartor för kombinerad och våg-inducerad bottenskjuvspänning framgår det att den huvudsakliga orsaken till höga krafter på bottenarna är till vågverkan, särskilt i de yttre delarna av skärgården. Den ströminducerade bottenskjuvspänningen har dock större relativ betydelse i smala sund mellan skären där vågverkan är låg.



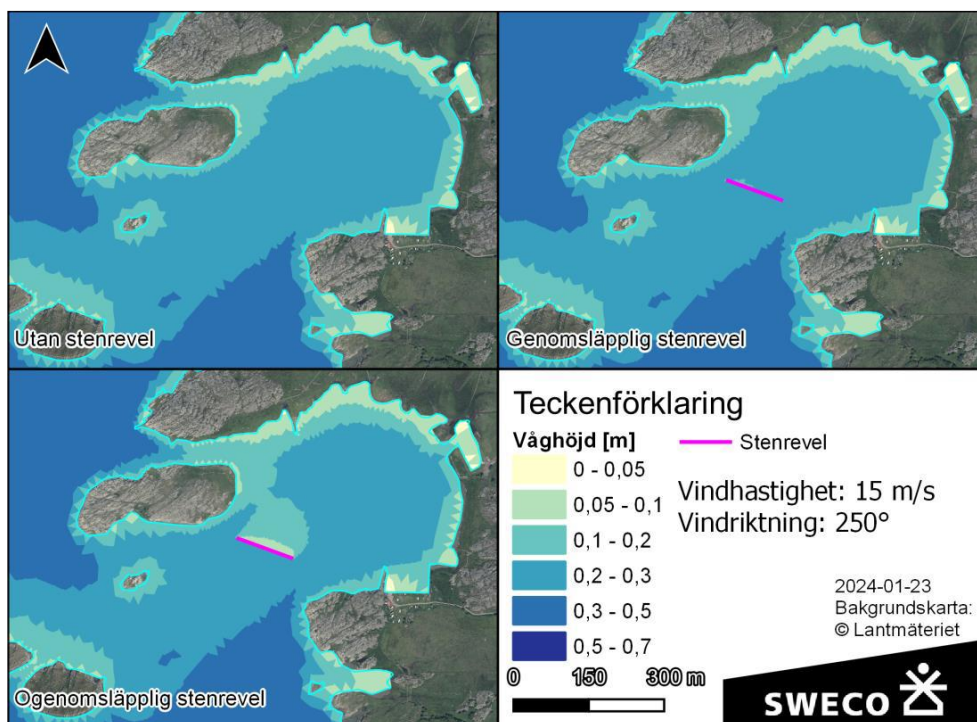
Figur 20. Kombinerad våg- och ströminducerad bottenskjuvspänning i Glose. 95:e percentilen.



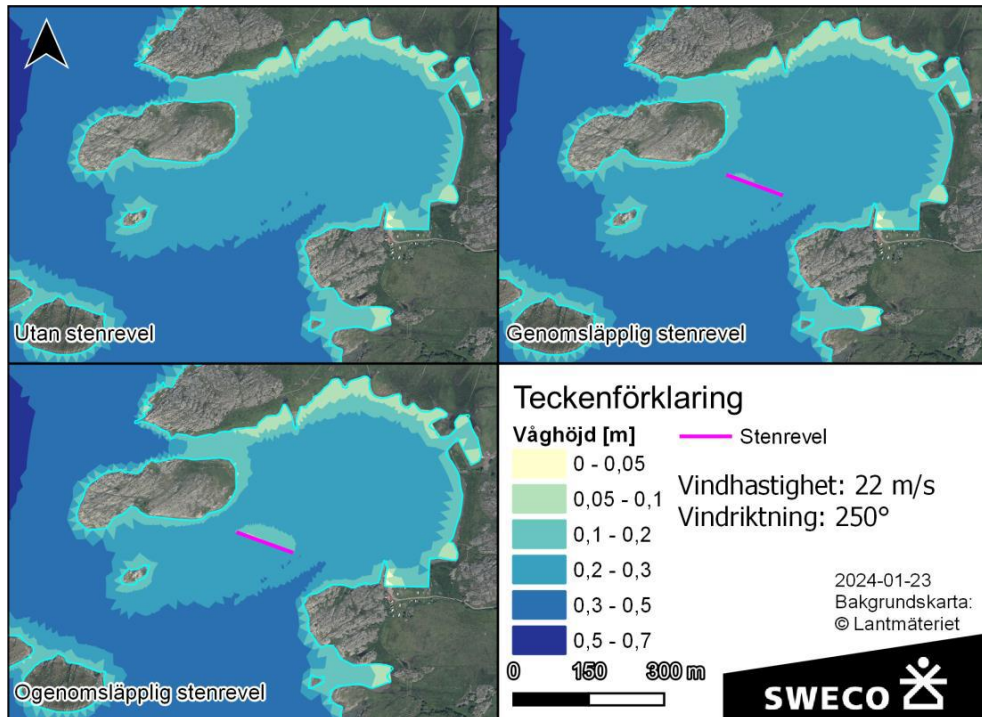
### 3.3 Högupplöst vågmodellering

I figur 21 och figur 22 visas modellresultat av våghöjden vid 15 respektive 22 m/s västsydvästlig vind för de två olika revscenarier som beskrivs i avsnitt 2.3. I samtliga resultatkartor ses att de våghöjder som når strandängerna generellt är låga, även vid mycket kraftiga vindar. Figurerna visar även att vid de kraftiga vindförhållanden som har simulerats sker även viss våguppbbyggnad på den korta stryklängden mellan stenreveln och strandängerna.

Ur figurerna går det att utläsa att vågdämpningen är relativt begränsad för ett genomsläppligt rev. Den låga dämpningen kan möjligtvis härledas till att modellrevet inte har ett krön, utan geometriskt kan beskrivas av en likbent triangel ståendes på botten, med basen 3,5 meter och höjden 0,5 meter. Vår bedömning är att vågdämpningen till följd av ett verkligt stenrev sannolikt ligger någonstans mellan de två modelleringsfallen.

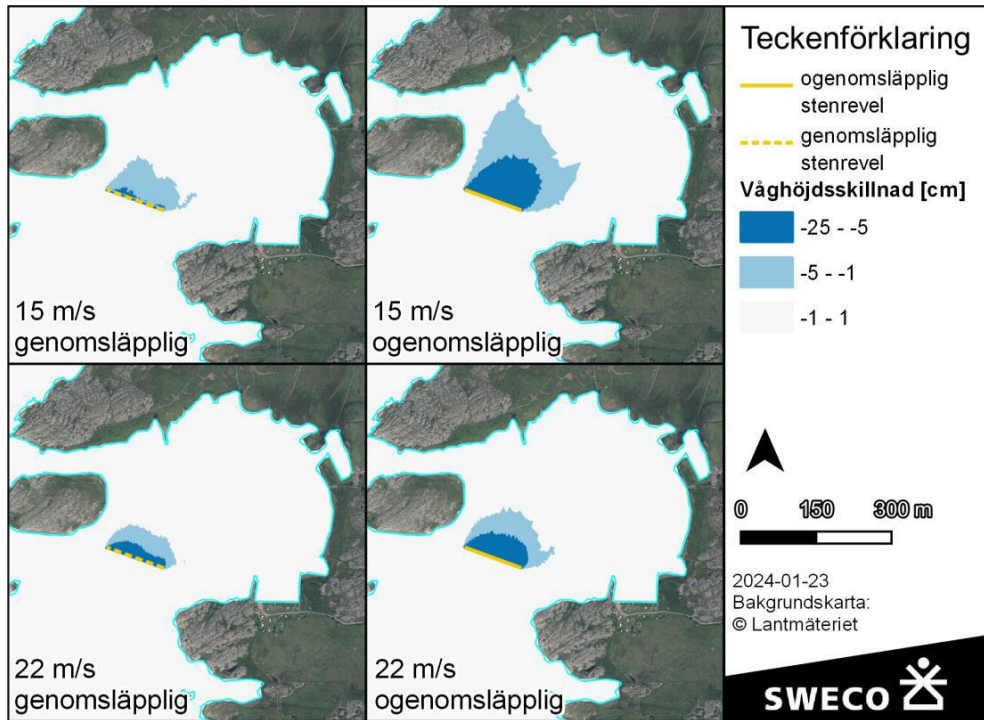


Figur 21. Våghöjder vid 15 m/s västsydvästlig vind. Övre raden t.v.: Nuläge, utan stenrevel. Övre raden t.h.: genomsläpplig stenrevel. Nedre raden: Ogenomsläpplig stenrevel.

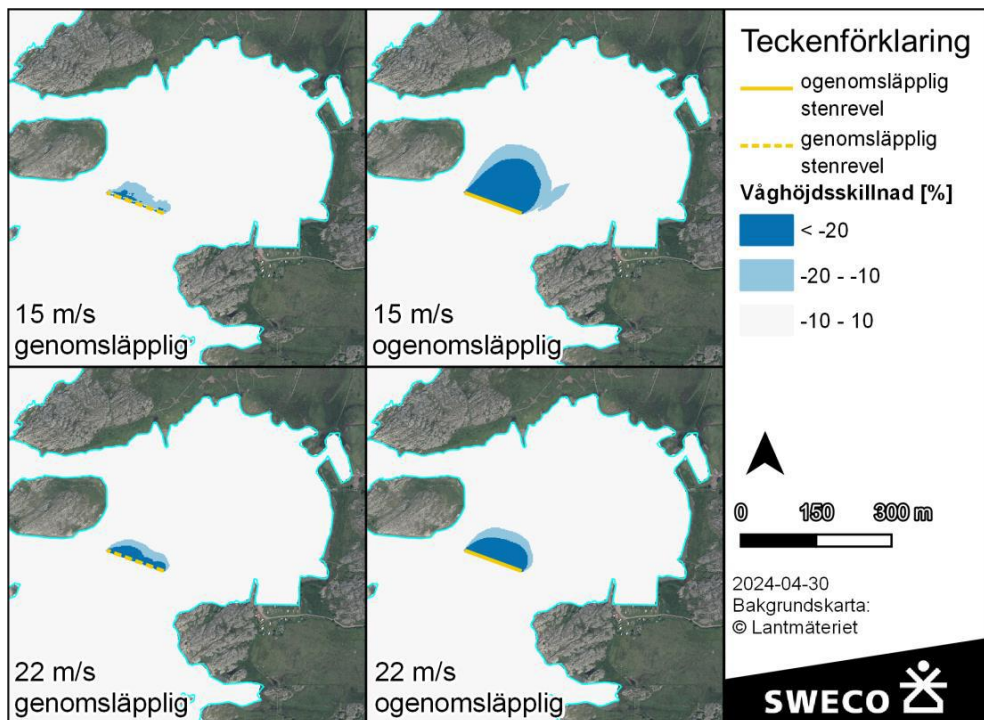


Figur 22. Våghöjder vid 22 m/s västsydvästlig vind. Övre raden t.v.: Nuläge, utan stenrevel. Övre raden t.h.: genomsläpplig stenrevel. Nedre raden: Ogenomsläpplig stenrevel.

I figur 23 visas den modellerade vågdämpningen från de olika revelscenarierna vid 15 samt 22 m/s västsydvästlig vind. Där ses att stenrevelns vågdämpande effekt avtar snabbt med avståndet från reveln. Vid jämförelse av vågdämpningen vid 15 och 22 m/s framgår att den kraftigare vinden leder till större möjlighet för våguppyggnad över stryklängden mellan reveln och strandängan. I figur 24 visas samma resultat men i stället som procentuell förändring av våghöjden för nollalternativet (utan revell).



Figur 23. Vågdämpning för de olika stenrevlarna vid 15 respektive 22 m/s västsydvästlig vind. De två övre kartorna visar vågdämpningen vid 15 m/s och de två nedre vid 22 m/s.



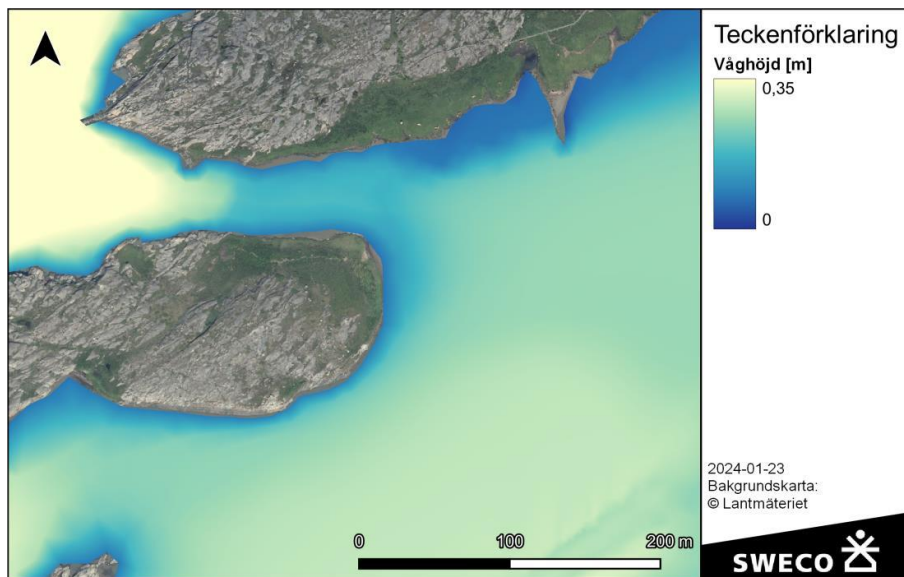
Figur 24. Procentuell vågdämpning för de olika stenrevlarna vid 15 respektive 22 m/s västsydvästlig vind. De två övre kartorna visar vågdämpningen vid 15 m/s och de två nedre vid 22 m/s.



## 3.4 Stenrevel i Bringebärsholmens sund

### 3.4.1 Vågmodellering

Resultat från vågmodelleringen indikerar att vågdämpningen i sundet mellan fastlandet och Bringebärsholmen i nuläget är hög. Uppgrundningen och förträngningen leder till att stor del av vågenergin redan idag försvinner i sundet. I figur 25 illustreras hur våghöjden dämpas från cirka 35 cm till 10 cm under kraftiga vindförhållanden (västsydvästlig vind, 22 m/s). Ett fotografi över samma område visas i figur 26.



Figur 25. Vågdämpningen i sundet mellan fastlandet och Bringebärsholmen med enbart befintliga stenrevlar inkluderade. Vattenståndet vid ögonblicksbilden är +0,15 meter.



Figur 26. Vy från fastlandet mot Bringebärsholmen där det syns att våghöjden dämpas mycket redan i höjd med den västliga reveln.

Vid förhöjda vattenstånd och höga västliga vågor, kan sannolikt vågor med högre energi ta sig in genom sundet än vid medelvattenstånd.

Å andra sidan ger sundets förträngning i sig en god dämpning genom diffraktion.

En ytterligare förstärkning av stenreveln skulle sannolikt leda till än mer vågdämpning. Dämpningen bedöms dock redan i nuläget vara så hög att vågor från sundet inte är en betydande bakomliggande faktor för erosion av strandängarna i viken.

### 3.4.2 Påverkan på vattenomsättning och vinduppstuvning

Resultaten från strömningsmodelleringen visar att betydande volymer vatten transporteras genom sundet mellan Bringebärsholmen och fastlandet, inte minst vid kraftiga sydvästliga vindar. Vid dessa förhållanden finns även förutsättningar för vinduppstuvning i Gloseviken, vilket kan leda till en lokalt förhöjd vattenyta och högre risk för erosion.

Hur stor vinduppstuvningen blir i ett område styrs i stor utsträckning av förträngningens längd. Anläggandet av en stenrevel i sundet skulle kunna blockera eller kraftigt öka flödesmotståndet i området med risk för en ökad vinduppstuvning som följd. Strandängarna i Gloseviken skulle därför kunna bli mer utsatta för höga vattenstånd med eventuell ökad erosion som följd.

För att kvantifiera den potentiella effekten av vinduppstuvning har beräkningar av vinduppstuvning gjorts baserat på empiriska samband från (Maris, o.a., 1961), vilket presenteras i Tabell 1. Av tabellen framgår att vinduppstuvningen kan bli i storleksordningen dubbelt så stor till följd av åtgärden.

Tabell 1. Beräknad vinduppstuvning i nuläget och med sundet mellan Bringebärsholmen och fastlandet igensatt. (Maris, o.a., 1961)

Vindhastighet [m/s]	10	15	20	25
Vinduppstuvning, nuläge [cm]	1,0	2,2	3,9	6,1
Vinduppstuvning, med stenrevel i sundet [cm]	1,9	4,4	7,7	12,1

## 4 Slutsatser

### 4.1 Vattenomsättning och turbiditet

*Vad får det för effekt på vattengenomströmningen och sedimenttransporten från Nordre älv, om man stänger igen sundet mellan St. Överön och Stenholmen med sten?*

*Hur kan siktförhållandena i kustområdet förändras till följd av åtgärden?*

Anläggandet av en stenrevel mellan St. Överön och Stenholmen motverkar till viss del att vatten från Nordre älv når områdena innanför Bastö och Stenholmen. Till följd av blockeringen av sundet föreligger en uppenbar risk att uppehållstiden för vatten i kustområdet vid Glose ökar.

Grumligt vatten från Nordre älv kan vara en anledning till de dåliga siktförhållandena i områdena innanför Bastö och Stenholmen.

Modellresultaten visar på en tydlig minskning av spårämneskoncentrationen till följd av åtgärden och stenreveln kan därigenom anses leda till minskad grumling. Tillförseln av grumligt vatten från Nordre älv är dock sannolikt inte den enda källan till de dåliga siktförhållandena i området, lokal resuspension kan vara en ytterligare källa till grumling.

Vidare ska det poängteras att påverkan på strömningsmönster uppstår i ett stort geografiskt område, flera kilometer norr om Glose. I andra delar av kustavsnittet ökar i stället halten av spårämne, vilket kan indikera att siktförhållandena i dessa områden kan komma att försämrats till följd av åtgärden.

Modelldata indikerar vidare att bottenskjuvspänningen till följd av strömmar är hög i berört sund. Bottensedimenten i detta sund torde vara anpassat till dessa förhållanden och i större utsträckning bestå av grövre sediment. Vid större förändringar av strömningsmönstren föreligger det en risk att strömhastigheterna och resulterande bottenskjuvspänning förhöjs vid andra närliggande områden, med risk för erosion (och tidvis grumling) av dessa bottenar.

### 4.2 Stenrev med blåmusslor

*Hur bör ett stenrev bäst placeras för att få störst effekt när det gäller vågdämpning inne vid strandängarna?*

Modelleringsresultaten visar att reven har en vågdämpande effekt. Eftersom revet har en höjd i linje med medelvattenytan blir vågdämpningen beroende av vattenståndet. Ett högt vattenstånd leder till lägre vågdämpning och ett lågt vattenstånd ger hög vågdämpning. Vågdämpningen är dock främst koncentrerad till ett område på 50–100 meter bakom revet, innan vinden återigen byggt upp vågor till samma höjd som framför revet.

Det studerade stenrevet bedöms inte ha någon effekt på erosionspotentialen inne vid strandängarna. För att få en betydande reduktion av erosionsrisken skulle revet behöva ligga betydligt mycket närmare strandlinjen. Som riktmärke kan det konstateras att revet har en begränsad effekt på vågförhållandena vid stranden om dess avstånd till kusten överstiger cirka 50–100 meter.

Modellförsöket med en impermeabel struktur indikerar den maximala vågdämpning som kan uppnås med en revstruktur, givet att höjden av det är ovan stillvattenytan. Även om ett brett och högt rev anlades skulle det alltså sannolikt inte ha tillfredsställande effekt i studerad placering.

*Vilken orientering bör reven ha för optimal funktion?*

För att åstadkomma en dämpning över så stort område som möjligt bör revet placeras vinkelrätt mot de vågor som har störst potential att åstadkomma erosion. De största vågorna har riktning från SV-SSV, vilket innebär att revet bör orienteras i en riktning från VNV-OSO.

Om revet placeras längre in i viken bör det förläggas parallellt med djupkonturerna, eftersom vågornas riktning böjs av när uppgrundning sker.

### **4.3 Förstärkning av befintlig stenrevel**

*Vad får det för effekt om man förstärker den västra stenreveln ut till Bringebärsholmen, så att vågrörelserna minskar? Om man även förstärker den östra stenreveln?*

Utförd vågmodellering visar att en förstärkning av befintliga stenrevlar till Bringebärsholmen inte skulle få en betydande effekt på risken för stranderosion i Glose. Redan idag är vågdämpningen genom detta sund hög, och vågor som härstammar från detta område bedöms således ha begränsad förmåga att erodera kustlinjen i viken. Vid höga vattenstånd och stora våghöjder blir troligen vågdämpningen till följd av bottenfriktion lägre genom sundet. Eftersom en betydande del av dämpningen även sker genom diffraktion till följd av sundets avsmalning, bedöms dock inte sundet vara den huvudsakliga faktorn bakom erosionen av strandängarna.

Resultat från strömmodelleringen antyder att betydande vattenutbyte sker genom sundet mellan Bringebärsholmen och fastlandet. Erosion i sundet till följd av kraftiga strömmar bedöms kunna minskas genom en förstärkning av den västra stenreveln. Att blockera sundet skulle dock kunna leda till att vinduppstuvningen i Glose vid sydvästliga vindar förstärks. Detta innebär högre vattenstånd vid strandängen vilket bedöms potentiellt kunna förvärra erosionsproblematiken i viken.

## 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.
- Maris, A., De Blocq van Kuffeler, V., Harmsen, W., Jansen, P., Nijhoff, G., Thijsse, J., . . . Van der Wal, L. (1961). Rapport Deltacommissie. Deel 3. Bijdragen 2: Beschouwingen over stormvloeden en getijbeweging. Delft: SDU.
- 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).