

## Vindvågor och behov av vågbrytare vid Lovisas bostadsmässområde

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy har på uppdrag av Bluet Oy studerat den sjögång som uppstår utanför det blivande bostadsmässområdet i Märlox samt bedömt behovet av skydd mot sjögång för objektet.

### Beskrivning av objektet

Det studerade objektet ligger på östra stranden av Lovisavikens innersta del (Bild 1).

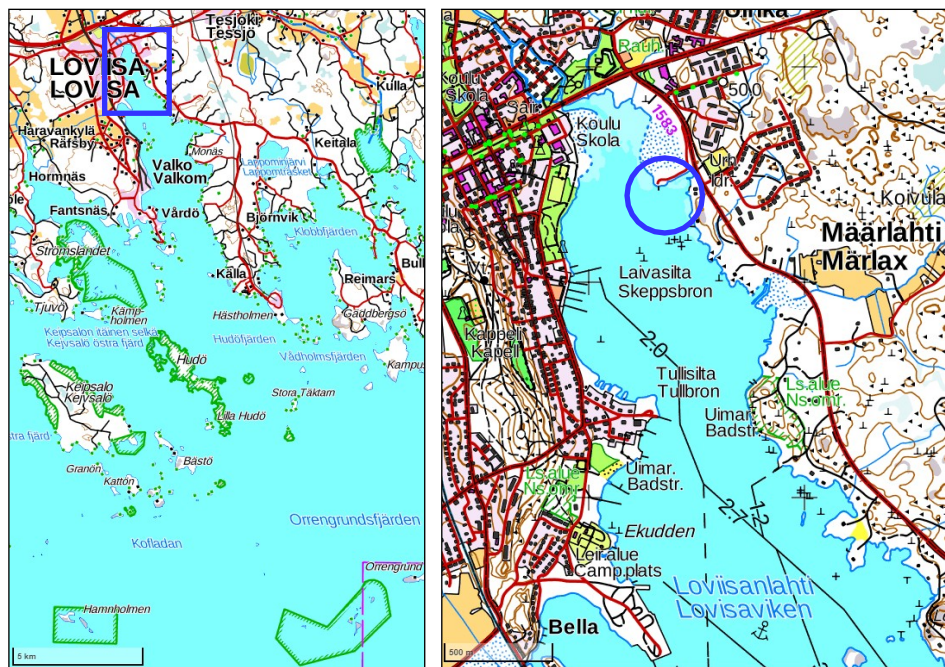


Bild 1. Objektets läge på grundkartan (lantmäteriverket 2019).

Objektet ligger vid ett område med ytterst grunt vatten där dessutom fasta ämnen som transporteras ut av Lovisaån sedimenteras. Objektet begränsas i söder av en ås av stenar som ställvis når över vattenytan. Delvis syns stenarna också på flygbilder. Vid medelvattenstånd fungerar stenarna delvis som vågbrytare men vid högt vattenstånd räcker de inte till som skydd mot den sjögång som sydlig vind ger upphov till.

Enligt observationer vid mareografstationerna i Helsingfors (1904–) och Fredrikshamn (1928–) är den signifikanta vattenståndshöjden i Lovisa havsområde:

HW	högt	+1,79 m =	N <sub>2000</sub> +1,99 =	N <sub>60</sub> +1,76
MHW	medelhögt	+1,05 m =	N <sub>2000</sub> +1,26 =	N <sub>60</sub> +1,03
MW	medelvatten	+0,00 m =	N <sub>2000</sub> +0,21 =	N <sub>60</sub> -0,02
MNW	medellågt	-0,72 m =	N <sub>2000</sub> -0,51 =	N <sub>60</sub> -0,75
NW	lågt	-1,07 m =	N <sub>2000</sub> -0,86 =	N <sub>60</sub> -1,09

Det finns ingen officiell farled till objektet. Närmaste farled är den 2,7 meters lokala farleden (VL5) 5365 som går till bryggan vid Skeppsbron:

Lovisastenen–Lovisa, med ett farbart djup på 2,7 m och draggningsdjupet 3,3 m.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy har i slutet av juli 2019 utfört linjelodningar i området. Lodningsresultatet visar att hela området är grunt. Vattendjupet är i huvudsak mindre än 1,5 m. I området finns för närvarande också ett omfattande vassbestånd. Utbredningen har bedömts med hjälp av flygbilder och på basis av observationer i samband med terrängbesök.

### Metodbeskrivning

Sjögången har bedömts med en metod som utgår från första gradens linjära vågteori. Sådana teoretiska metoder benämns enligt utvecklarnas namn ofta SMB-metoder (Svendrup, Munk, Bretschneider). Metoden innebär att vindytan i olika väderstreck definieras på basis av hur öppen platsen är. Sjögångens egenskaper definieras med empiriskt deriverade skalor där faktorerna är vindyta, vindhastighet och blåstid. Med kända randvillkor kan denna metod användas för att i ingenjörstekniska sammanhang skapa en tillräckligt realistisk uppskattning av de vågförhållanden som råder i området<sup>1</sup>.

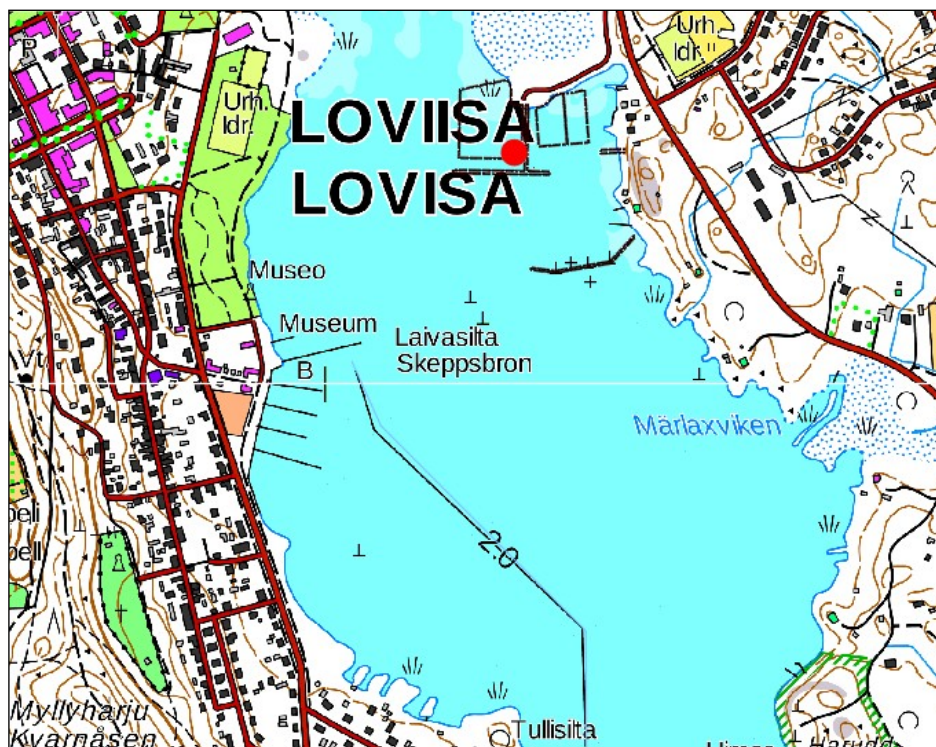


Bild 2. Den teoretiska kontrollpunkten för våghöjd visas som en röd punkt. På bilden har dessutom med svart ritats in gränserna för de vattenkonstruktioner och preliminär vågbrytare som ingår i detaljplaneförslaget (utdrag ur grundkartan, lantmäteriverket2019)

<sup>1</sup> Vallander, Per: Vågor i skärgårdsvatten, Hydraulics laboratory, Royal Institute of Technology, Stockholm 1977

### Uppskattad sjögång vid objektet

Den teoretiska vindytan är störst i sydlig riktning (s. 1,8 km, jfr. Bild 3).

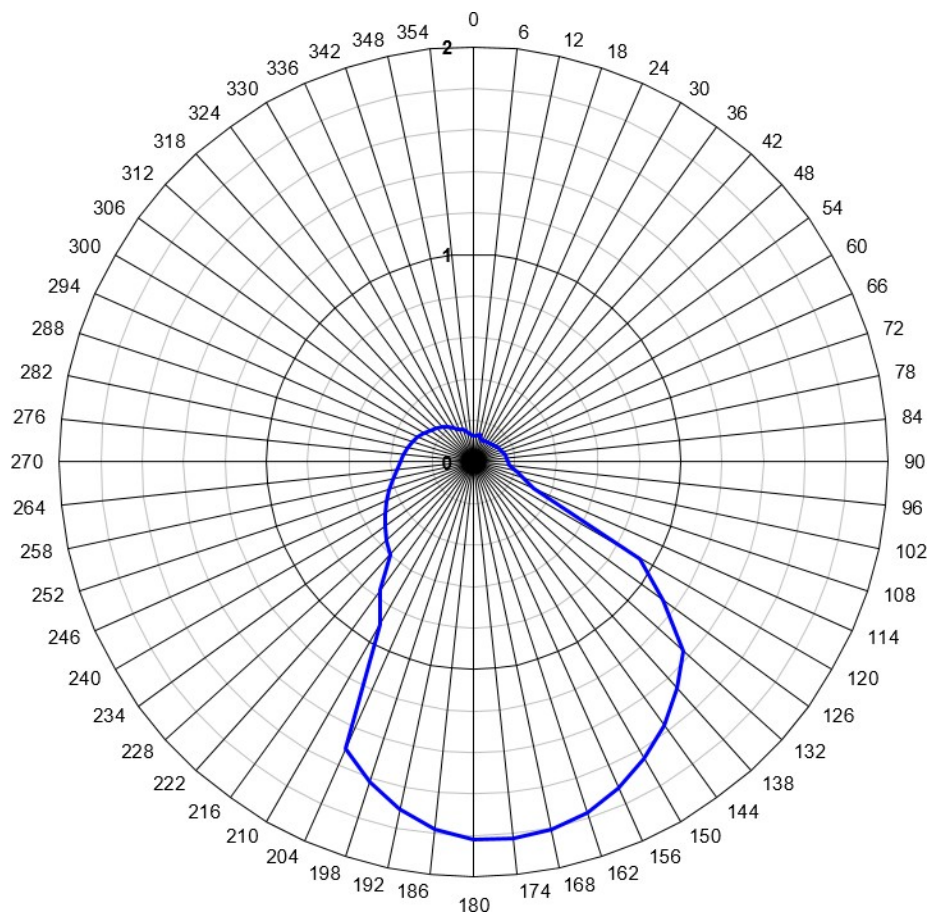


Bild 3. Kontrollpunktens teoretiska vindyta i olika väderstreck .

Havsområdet i söder är splittrat. Inom området finns talrika skär, stenar, kobbar och holmar som tar emot vågenergin. I sydlig riktning finns en smal sektor på 6° som sträcker sig långt ut i yttre skärgården. För bestämning av vindytan delades denna upp i mindre delsektorer, avgränsade av holmar och grund. Nämnade sektor har stor inverkan på vindytan. Den diffraktion och reflektion som orsakas av grynnor och stränder beräknas söndra sjögången, så till den grad att Lovisavikens innersta del inte utsätts för bränningar med lång våglängd från öppet hav. Vågor med lång våglängd kan till exempel inte effektivt dämpas med flytande vågdämpare utan i så fall behövs en fast konstruktion.

Vid sjögång följer våghöjden Rayleigh-fördelningen. Rådande våghöjd beskrivs i allmänhet med enheten signifikant våghöjd  $H_s$ , som motsvarar medeltalet av den högsta tredjedelen av vågorna. För den signifikanta våghöjden finns en motsvarande signifikant vågperiod  $T_s$ .

Randvillkor för tilltagande sjögång är antingen vindyta eller blåstid. I detta sammanhang är randvillkoret vindytan, det vill säga förhållandena motsvarar fullt utvecklad sjö enligt vindyta och vindhastighet (FAS-situation, fully arisen sea). Kalkylerad signifikant våghöjd vid långvarig vind visas på bild 4.



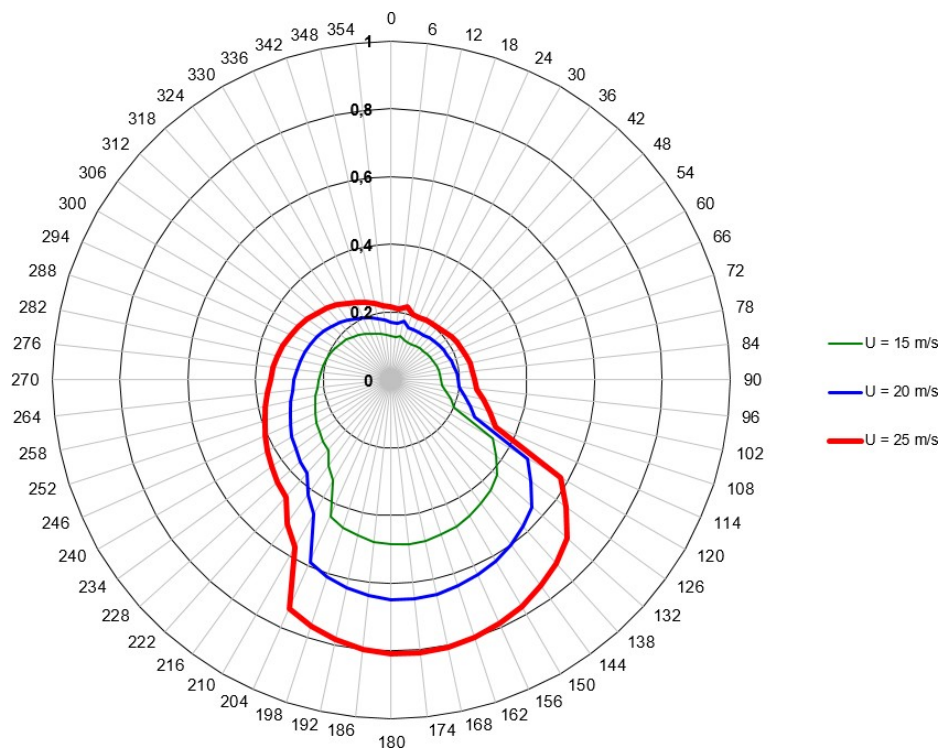


Bild 4. Teoretisk signifikant våghöjd från olika väderstreck som funktion av vindens hastighet.

Vid 25 m/s sydlig storm uppstår på det planerade området sjögång vars signifikanta våghöjd, kalkylerad enligt förenklad SMB-formel, är  $H_s = 0,81$  m (Bild 4). Bretschneiders<sup>2</sup> formler för djupt vatten ger en signifikant våghöjd på  $H_s = 0,92$  m, den signifikanta vågperioden är  $T_s = 3,4$  s och den signifikanta våglängden  $L_s = 17,9$  m.

Motsvarande enheter definierade enligt Bretschneiders formler för grunt vatten är klart mindre ( $H_s = 0,75$  m,  $T_s = 2,6$  s och  $L_s = 10,1$  m) om vattenområdet som påverkar vågbildningen uppskattas ha ett medeldjup på till exempel  $d = 3,5$  m. De mindre värdena beror på att vågbildningen begränsas av att havsbotten är nära. På grund av den på sidan 3 nämnda smala sektor som sträcker sig till yttre skärgården sker en stor del av vågbildningen i alla fall på djupt vatten ( $d/L > 0,5$ ), varför det är motiverat att använda formler för djupt vatten. Vågparametrar uträknade enligt formler för djupt vatten är i detta sammanhang konservativa och torde i någon mån överskatta sjögången.

Sannolikheten för att ovan nämnda sjögång ska förekomma är mycket liten eftersom sydlig storm i praktiken borde uppträda samtidigt med medelhögt vattenstånd (MHW). Mellan Östersjöns och Finska vikens vattenstånd och förekomsten av potentiell sydlig storm är korrelationen relativt svag. Högre än medelhögt vattenstånd förekommer till exempel under c. 8 timmar i året. I sydlig storm med till exempel medelvattenstånd skulle en stor del av i synnerhet de största vågorna brytas mot stenar och grynnor utanför området, vilket betyder att ovan nämnda typ av sjögång inte skulle rikta sig mot planområdet.

På grund av den stora osannolikheten för sjögång som motsvarar stormvindar på 25 m/s väljer vi i detta sammanhang att dimensionera enligt ett scenario med hård vind 20 m/s från söder och högre vattenstånd än

<sup>2</sup> Bretschneider, C.L.: Prediction of Waves and Currents, J.K.K. Look Laboratory of Oceanography Eng., University of Hawaii, Look Lab / Hawaii, Vol. 3, No. 1, Honolulu

+0,55 ( $N_{2000} + 0,75$ ). Sådant vattenstånd förekommer under i medeltal c. 9 dygn per år, vilket betyder att scenariot inte är realistiskt.

En kalkyl med vindhastigheten 20 m/s och Bretschneiders<sup>3</sup> formler för djupt vatten ger som dimensionerande vågparametrar  $H_s = 0,71$  m, signifikant vågperiod  $T_s = 3,0$  s och signifikant våglängd  $L_s = 14,3$  m.

### Skyddsbehov och skyddsalternativ för objektet

För båthamnar är utgångspunkten vanligen att sjögången inte får överskrida den signifikant våghöjden  $H_s = 0,3$  m.<sup>4</sup> Ibland tillämpas till och med ännu strängare villkor. Båthamnsstandarden i Australien rekommenderar till exempel en signifikant våghöjd på under 0,15 m, när vågfronten är vinkelrät mot båtarnas kölar och vågperioden större än 2,1 s.<sup>5</sup> Om man vid dimensionering inte vill att flytande byggnader ska utsättas för en signifikant våghöjd på mer än  $H_s = 0,3$  m ska för vågdämpning användas en typ av kölförsedd vågdämpningsponton som är minst 3 m bred, alternativt 3,5 m utan köl (t.ex. Marineteks pontontyper M3300K eller M3800, Bild 5).

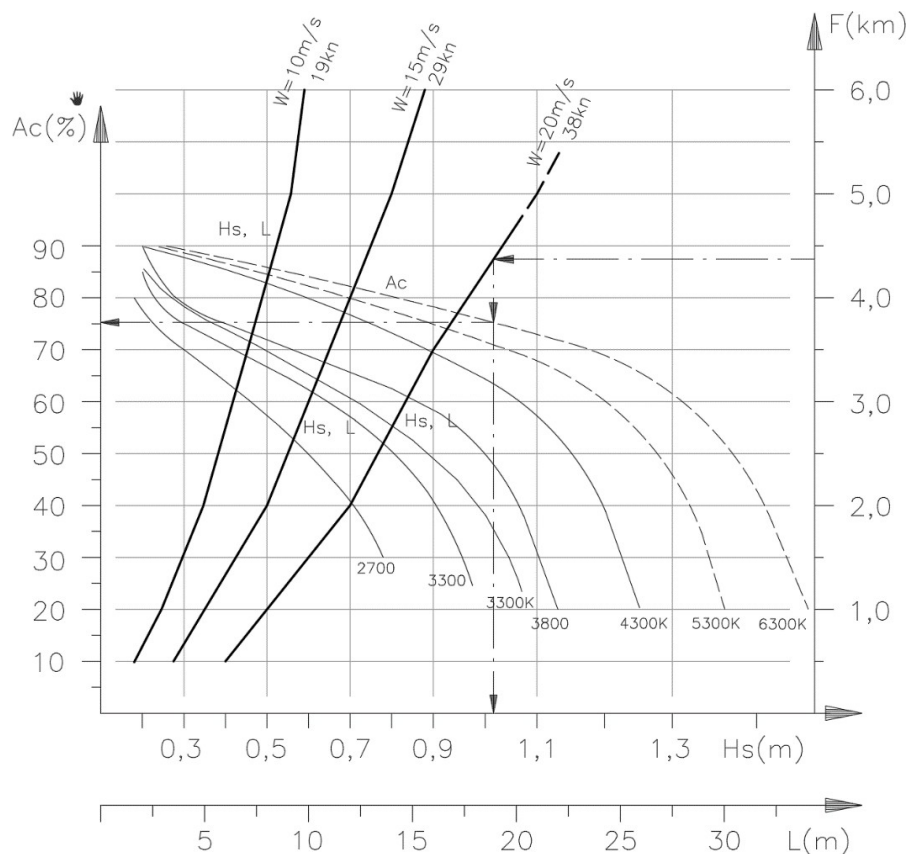


Bild 5. Marinetek Group Oy:s riktgivande dämpningskurvor för företagets olika typer av vågdämpningsponton.

Objektet kan skyddas med en fast vågbrytare alternativt en kombination av vågbrytare och vågdämpare. Den fasta vågbrytaren kan placeras på det ställe som angivits i planförslagen, där det alltså för närvarande finns en stenig gryna (jfr. Bild 2). Antagandet är att havsbotten på platsen för vågbrytaren består av sten och morän.

<sup>3</sup> Bretschneider, C.L.: Prediction of Waves and Currents, J.K.K. Look Laboratory of Oceanography Eng., University of Hawaii, Look Lab / Hawaii, Vol. 3, No. 1, Honolulu

<sup>4</sup> Venesatamasuunnittelu, Suomen kaupunkiliitto, kaupunkiliiton julkaisu C 38, Helsinki 1981

<sup>5</sup> Guidelines for design of marinas, Australian standards, Standards Australia AS 3962-2001

Vattendjupet har uppskattats till i medeltal 0,5 m.

**Skyddsalternativ 1.** Objektet skyddas med en fast vågbrytare. Vågbrytaren bör sträcka sig längre än planförslagets tänkta vågbrytare, till vikens mitt, för att hela området ska få tillräckligt skydd mot sjögång från söder. I planförslagen ingår vågdämpande bryggkonstruktioner utanför de flytande byggnaderna. Om dessa konstruktioner inte blir verklighet måste de flytande byggnaderna på bostadsmässområdet dessutom skyddas mot sjögång från sydväst (Bild 6). I sydvästlig riktning är det 800–900 m till motsatt strand.

Sprängsten i stort format kan eventuellt användas för att anlägga en vågbrytarbank som delvis vilar på de befintliga stenarna så att vågbrytarens topphöjd får nivån  $N_{2000} + 1,2$  m. Bästa resultat uppnås om vågbrytaren görs tudelad så att 300 m kommer ut från stranden och 50 m ligger mitt i viken. Vågbrytarbanken föreslås preliminärt göras 2 m bred med 1 m bred åskam och slänter med lutningen 1:1,5. Vattendjupet har inte uppmätts längs hela banken men att döma av de ställvis synliga stenarna är vattendjupet i huvudsak mindre än 1 m. Vattendjup och sättning avgör hur mycket fyllnadsmassor som behövs för banken. Vågbrytarens totala längd skulle enligt vad som ovan föreslagits bli 350 meter. En grov uppskattning är att det behövs c. 5 000 m<sup>3</sup>tfm fyllnadsmassor. Om botten visar sig vara lös är åtgången större.

Kostnaderna för att anlägga vågbrytaren beror på tillgången till stor sprängsten och på bottenförhållandena, som inverkar på hur mycket fyllnadsmassor som behövs. Kostnaderna påverkas dessutom av hur hög man önskar att vågbrytarbanken ska vara och av en eventuell gång- och cykelväg. Det föreslagna alternativet kommer vid högt vattenstånd att ligga under vattenytan och kammen är inte avsedd för vare sig trafik eller fotgängare. Preliminärt och mycket grovt uppskattat skulle kostnaderna för realisering vara c. 200 000 €.

En lång vågbrytare inverkar i någon mån på vattenströmmarna i viken och på landskapsbilden. Vågbrytaren skulle anläggas genom att bygga upp en bank med början från stranden.



Bild 6. Objektet skyddas med en fast vågbrytare (skyddsalternativ 1). Vågbrytaren visas som streckad linje i blått.

**Skyddsalternativ 2.** Objektet skyddas med en flytande vågdämpare. Vågdämparen konstrueras av två 3–3,5 m breda pontonvågdämpare som monteras omlott så att det blir möjligt att passera mellan dem (Bild 7). Vågdämparens totala längd är 280 m och den beräknas preliminärt och grovt uppskattat kosta c. 700 000 €. Den verkliga kostnaden beror på typ av dämpare och utrustning.

Till vågdämparens fördelar hör bättre vattencirkulation och att vågdämparen kan utnyttjas för förtöjning av båtar. I lä för en 280 m lång vågdämpare ryms till exempel 80 st 3,5 m breda bomplatser.



Bild 7. Objektet skyddas med pontonvågdämpare (skyddsalternativ 2). Vågdämparen visas som tätt streckad linje i blått.

**Skyddsalternativ 3.** Objektet skyddas med en kombination av vågdämpare och vågbrytare. På det ställe som föreslås i planförslaget anläggs en c. 220 m lång sprängstensbank som kräver uppskattningsvis c. 3200 m<sup>3</sup>tam. Nordväst om vågbrytaren monteras en c. 120 m lång och 3–3,5 m bred pontonvågdämpare (Bild 8). I lä av vågdämparen kan c. 34 st 3,5 m breda bomplatser inrättas.

Skyddsalternativ 3: preliminärt och grovt uppskattat skulle realiseringskostnaden vara c. 400 000 €.

Bottenförhållanden är av stor betydelse för hur mycket en fast vågbrytare kommer att kosta. För att en mer tillförlitlig kostnadskalkyl ska kunna uppgöras måste bottenundersökningar göras i området för vågbrytaren. I de alternativ som inkluderar en vågbrytarbank är antagandet att vågbrytaren kan anläggas på täta jordlager. Massaberäkningarna beaktar emellertid en sättning på c. 1...2 m.



8.11.2019



Bild 8. Objektet skyddas med en kombination av fast vågbrytare och flytande pontonvågdämpare (skyddsalternativ 3). Vågbrytaren visas som streckad linje i blått och vågdämparen som tät streckad linje i blått.

### Jämförelse av skyddsalternativ

En jämförelse av skyddsalternativens för- och nackdelar presenteras i sammandrag i tabell 1.

Tabell 1. Sammandrag av skyddsalternativens för- och nackdelar.

Skyddsalternativ	Realiseringskostnad	Inverkan på vattenströmning och landskap	Båtplatser	Potentiell areal för skyddat område
1. Fast vågbrytare	+	-	-	+
2. Flytande vågdämpare	-	+	+	-
3. Kombination av fast + flytande	±	±	±	±

### Övrigt att beakta

Hur användarvänliga objektets flytande konstruktioner blir kan dessutom i väsentlig grad påverkas med placering och förankring och genom att använda till exempel kölar eller olika gungningsreducerande vattenbehållare. Till exempel Brunes diplomarbete<sup>6</sup> behandlar flytande bostadspråmars och pontoners användarbekvämlighet.

### FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

<sup>6</sup> Bruner, S.: Apartment barges, a comfort and safety analysis, Master Thesis 0304, Royal Institute of Technology, Stockholm 2003