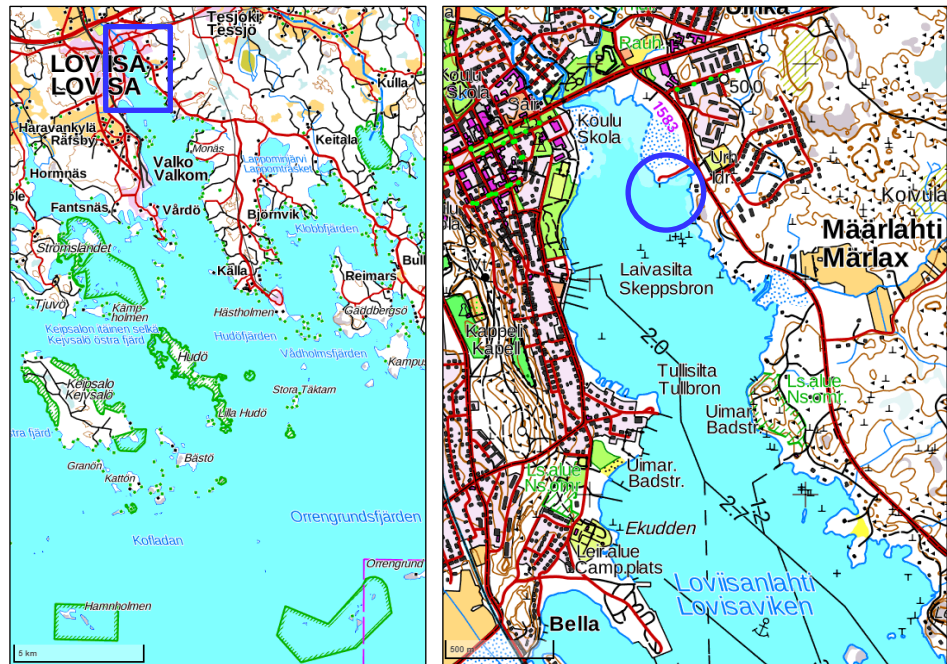


Loviisan asuntomessualueen tuuliaallokko ja aaltosuojaustarve

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy on Bluet Oy:n toimeksiannosta tarkastellut Loviisan tulevalle asuntomessualueelle Märloxin edustalle muodostuvaa tuuliaallokkoa ja arvioinut kohteen suojaustarvetta aallokon osalta.

Kohteen kuvaus

Tarkasteltava kohde sijaitsee Loviisanlahden pohjukassa itäisellä rannalla (Kuva 1).



Kuva 1. Kohteen sijainti peruskartalla (maanmittauslaitos 2019).

Kohde sijaitsee erittäin matalalla vesialueella, johon lisäksi sedimentoituu Loviisanjoen kuljettamia kiintoaineita. Kohde rajautuu etelässä kivien muodostamaan harjanteeseen, joka paikoitellen ulottuu vedenpinnan yläpuolelle. Kivet näkyvät osittain myös ilmakuvissa. Kivet toimivat vielä keskivedellä osittain aallonmurtajana, mutta ylivesitilanteissa ne eivät riittävästi suojaa eteläisen tuulen muodostamalta aallokolta.

Loviisan merialueen merkitsevät vedenpinnankorkeudet ovat Helsingin (1904-) ja Haminan (1928-) mareografiasemilla tehtyjen havaintojen perusteella seuraavat:

HW	ylivesi	+1,79 m =	N ₂₀₀₀ +1,99
MHW	keskiylivesi	+1,05 m =	N ₂₀₀₀ +1,26
MW	keskivesi	+0,00 m =	N ₂₀₀₀ +0,21
MNW	keskialivesi	-0,72 m =	N ₂₀₀₀ -0,51
NW	alivesi	-1,07 m =	N ₂₀₀₀ -0,86

Kohteelle ei ole virallista vesiväyläyhteyttä. Lähin vesiväylä on Laivasillan laituriin johtava 2,7 m paikallisveneväylä (VL5) 5365:

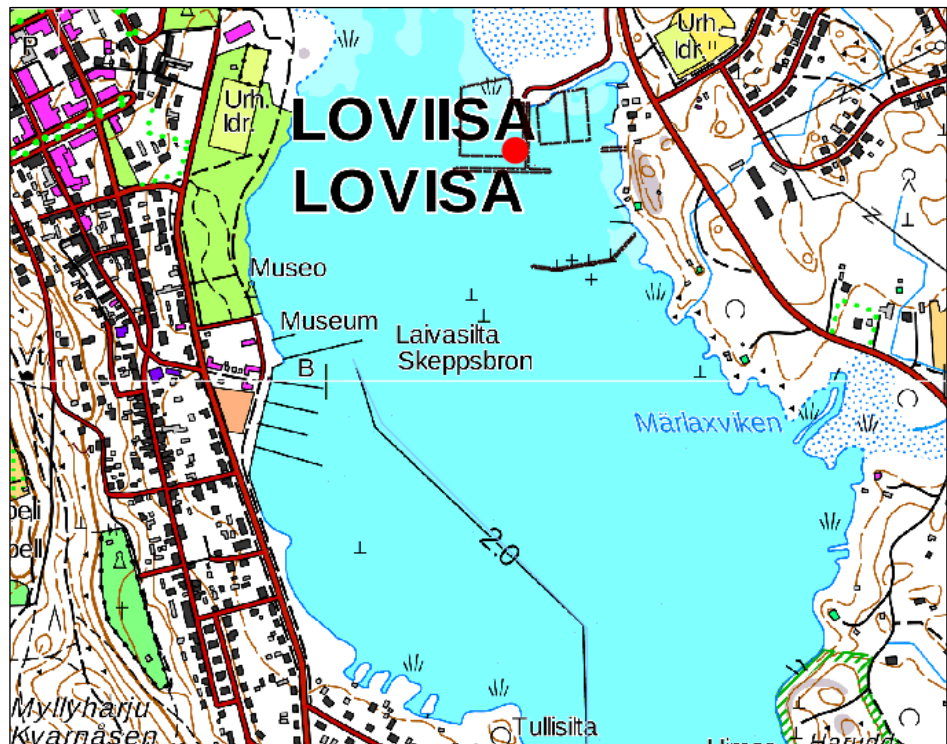
23.9.2019

Loviisankivi-Loviisa, jonka kulkusyvyys on 2,7 m ja harausyvyys 3,3 m.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy on suorittanut linjaluotauksia alueella heinäkuun lopussa vuonna 2019. Luotaustulosten perusteella koko alue on matala. Vesisyvytydet ovat pääosin alle 1,5 m. Alueella on nykyisellään myös laajalle levinnyt kaislikko, jonka levinneisyys on arvioitu ilmakuvista sekä maastokäynnillä tehtyjen havaintojen perusteella.

Menetelmän kuvaus

Aallokon arviointi on suoritettu ensimmäisen asteen lineaariseen aaltoteoriaan pohjautuvalla menetelmällä. Kyseisiä laskennallisia menetelmiä kutsutaan kehittäjiensä nimien perusteella usein SMB-menetelmiksi (Svendrup, Munk, Bretschneider). Menetelmässä määritetään paikan avoimuuden perusteella laskennallinen tuuliala eri ilmansuuntiin. Aallokon ominaisuudet määritetään empiirisesti johdetuilla kaavoilla, jonka tekijöinä ovat tuuliala, tuulen nopeus sekä tuulen kesto. Kyseisellä menetelmällä voidaan reunaehdot tuntien tuottaa insinööritekniillisiin yhteyksiin riittävän realistisia arvioita kohteissa vallitsevista aalto-olosuhteista¹.



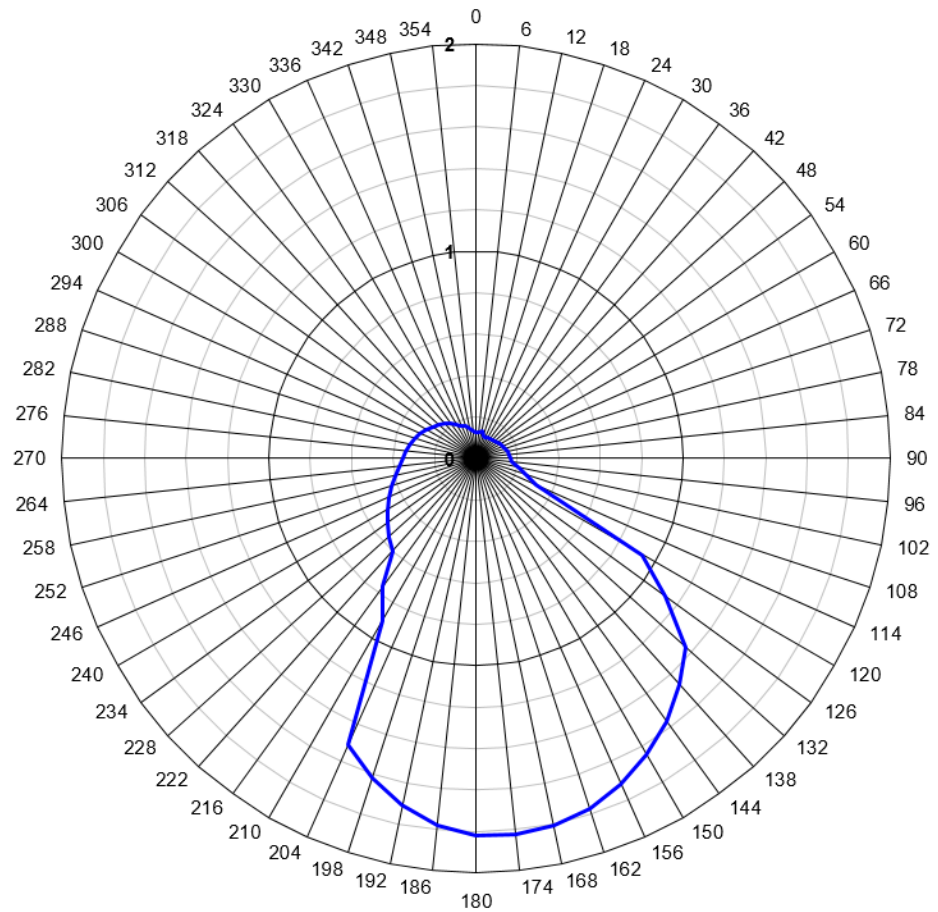
Kuva 2. Aallokon laskennallinen tarkastelupiste on esitetty punaisena pisteenä. Kuvaan on lisäksi piirretty mustalla viivalla asemakaavaehdotuksen mukaisten vesirakenteiden rajaukset sekä asemakaavaehdotuksen mukainen alustava aallonmurtaja (ote peruskartasta, maanmittauslaitos 2019)

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

23.9.2019

Arvioitu tuuliaallokko kohteessa

Laskennallinen tuuliala on suurin etelän ilmansuuntaan (s. 1,8 km, ks. Kuva 3).



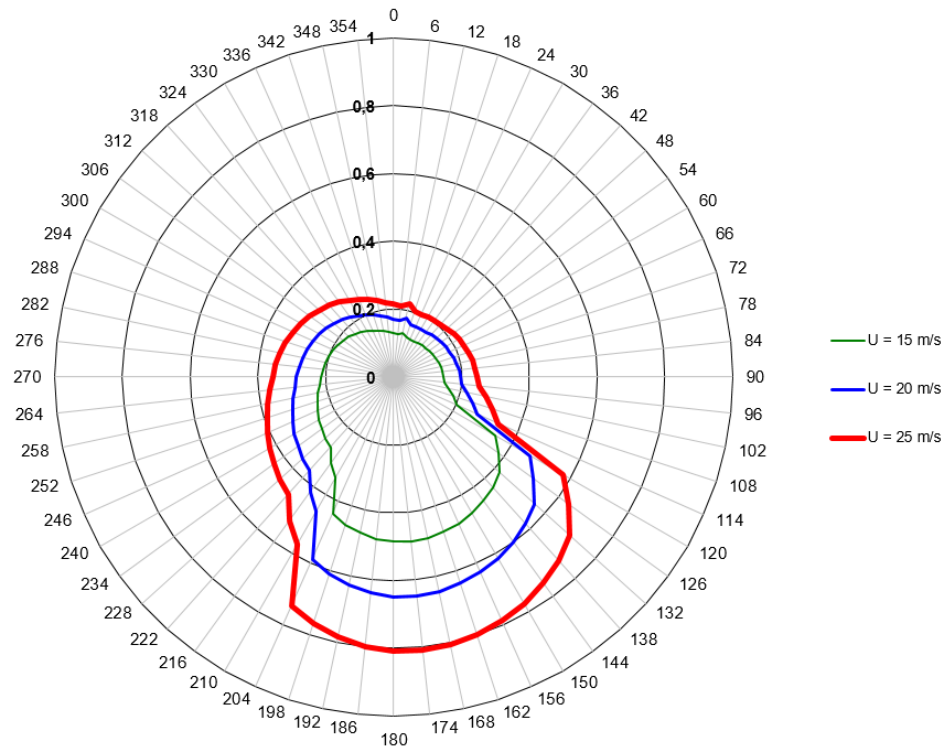
Kuva 3. Laskennallinen tuuliala tarkastelupisteessä eri ilmansuuntiin.

Merialue etelään on rikkonainen. Alueelle on lukuisia kareja, kiviä, luotoja ja saaria, jotka ottavat vastaan aaltoenergiaa. Etelän suuntaan on pitkälle ulkosaaristoon ulottuva kapea 6° sektori, joka tuulialan määrittämiseksi jaettiin vielä pienempiin saariin ja matalikkoihin rajoittuviin osasektoreihin. Kyseisen sektorin vaikutus tuulialaan on suuri. Karikkojen ja rantojen aiheuttaman diffraktion ja heijastuksen arvioidaan rikkovan aallokkoa siinä määrin, että Loviisanlahden pohjukaan ei kohdistu pitkän aallonpituuden omaavia avomeren maininkeja. Pitkän aallonpituuden omaavia aaltoja ei esim. voi tehokkaasti vaimentaa kelluvalla aallonvaimentimella, vaan silloin tarvitaan kiinteä rakenne.

Aallokossa vallitsevat aallonkorkeudet noudattavat Rayleigh-jakaumaa. Vallitsevaa aallonkorkeutta kuvataan yleensä suurella merkitsevä aallonkorkeus H_S , joka vastaa aaltojen suurimman kolmanneksen aallonkorkeuden keskiarvoa. Merkitsevällä aallonkorkeudella on vastaavasti merkitsevä aallon periodi T_S .

Aallokon kasvun reunaehtona on joko tuuliala tai tuulen kesto. Tässä yhteydessä reunaehtona on tuuliala, eli olosuhteet vastaavat tuulialaa ja tuulennopeutta vastaavaa täysin kehittynyttä aallokkoa (FAS-tila, fully arisen sea). Pitkäkestoisella tuulella lasketut merkitsevät aallonkorkeudet on esitetty kuvassa 4.

23.9.2019



Kuva 4. Laskennalliset merkitsevät aallonkorkeudet eri ilmansuunnista tuulen nopeuden funktiona.

Eteläisellä 25 m/s myrskytuulella suunnitellulle alueelle kohdistuu aallokkoa, jonka yksinkertaistetulla SMB-kaavalla laskettu merkitsevä aallonkorkeus on $H_s = 0,81$ m (Kuva 4). Bretschneiderin² syvän veden kaavoilla merkitseväksi aallonkorkeuksiksi saadaan $H_s = 0,92$ m, merkitseväksi aallon periodiksi $T_s = 3,4$ s ja merkitseväksi aallonpituudeksi $L_s = 17,9$ m.

Bretschneiderin matalan veden kaavoilla määritetyt vastaavat suureet ovat selvästi pienemmät ($H_s = 0,75$ m, $T_s = 2,6$ s ja $L_s = 10,1$ m) kun aallokon muodostumiseen vaikuttavan vesialueen keskimääräiseksi syvyydeksi arvioidaan esim. $d = 3,5$ m. Pienemmät arvot johtuvat merenpohjan läheisyyden aallokkoa rajoittavasta vaikutuksesta. Sivulla 3 mainitun ulkosaaristoon ulottuvan kapean sektorin vaikutuksesta merkittävä osa aallokosta muodostuu kuitenkin syvällä vedellä ($d/L > 0,5$), jolloin syvän veden kaavojen käyttö on perusteltua. Syvän veden kaavoilla lasketut aaltoparametrit ovat tässä yhteydessä konservatiivisia, eli ne todennäköisesti hieman yliarvioivat aallokkoa.

Edellä esitetyn aallokon esiintymisen todennäköisyys on hyvin pieni, sillä eteläisen myrskytuulen tulisi käytännössä esiintyä samanaikaisesti keskiylivesitilanteen (MHW) kanssa. Itämeren ja Suomenlahden vedenkorkeuksien sekä potentiaalisen etelästä puhaltavan myrskyn esiintymisen välinen korrelaatio on heikohko. Esim. keskiylivesitilannetta suurempia vedenkorkeuksia esiintyy keskimäärin noin 8 tuntia vuodessa. Mikäli eteläinen myrskytuuli vaikuttaisi esim. keskiveden aikana, niin huomattava osa etenkin suuremmista aalloista murtuu alueen edustan kivien ja karikkojen kohdalla, eikä kuvatun kaltaista aallokkoa siten kohdistu suunnittelualueelle.

Myrskytuulennopeutta 25 m/s vastaavan aallokon suuren epätodennäköisyyden vuoksi tässä yhteydessä mitoittavaksi tilanteeksi valitaan etelästä 20 m/s puhaltavaa kovaa tuulta sekä suurempaa

² 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

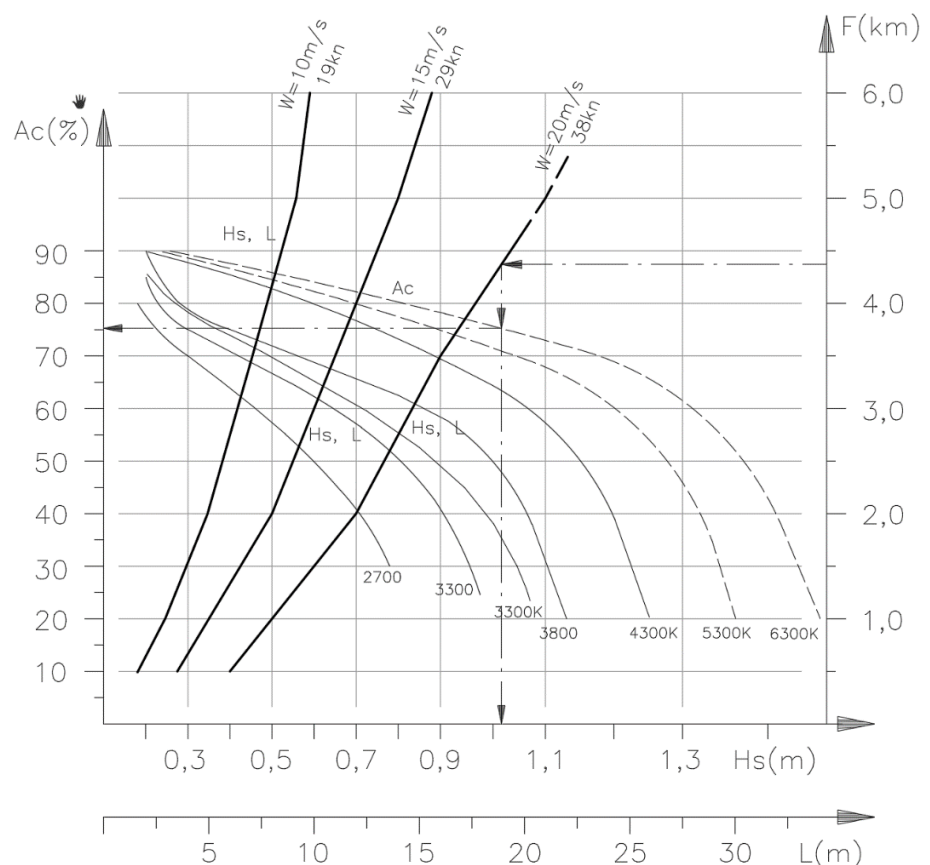
23.9.2019

vedenkorkeutta kuin $+0,55$ ($N_{2000} +0,75$) vastaava tilanne. Tällaisia vedenkorkeuksia esiintyy keskimäärin noin 9 vrk vuodessa, joten tilanne ei ole epärealistinen.

Tuulenopeudella 20 m/s ja Bretschneiderin³ syvän veden kaavoilla laskettaessa mitoittaviksi aaltoparametreiksi saadaan $H_s = 0,71$ m, merkitseväksi aallon periodiksi $T_s = 3,0$ s ja merkitseväksi aallonpituudeksi $L_s = 14,3$ m.

Kohteen suojaustarve ja suojausvaihtoehdot

Venesatamien osalta on yleensä lähtökohtana, että aallokko ei saa ylittää merkitsevää aallonkorkeutta $H_s = 0,3$ m.⁴ Toisinaan noudatetaan jopa tiukempia ehtoja. Esim. Australialaisessa venesatamastandardissa suositellaan alle $0,15$ m merkitsevää aallonkorkeutta, kun aaltorintama on kohtisuorassa veneiden kylkiin nähden ja aallokon periodi on suurempi kuin $2,1$ s.⁵ Mikäli merkitsevän aallonkorkeuden ei mitoitustilanteessa haluta kelluvien rakennusten kohdalla ylittävän $H_s = 0,3$ m, niin aallonvaimennukseen tulisi käyttää vähintään noin 3 m leveää köllillistä tai $3,5$ m leveää köllitöntä aallonvaimenninponttonityyppiä (esim. Marinetekin ponttonityypit M3300K tai M3800, Kuva 5).



Kuva 5. Marinetek Group Oy:n suuntaa antavat vaimennuskäyrät erilaisille aallonvaimenninponttonityypeilleensä.

Kohde voidaan vaihtoehtoisesti suojata kiinteällä aallonmurtajalla tai aallonmurtajan ja aallonvaimentimien yhdistelmällä. Kiinteä aallonmurtaja voidaan sijoittaa kaavaehtotuksissa esitettyyn kohtaan, jossa siis nykyisellään on kivinen matalikko (ks. Kuva 2). Merenpohja

³ 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

⁴ Venesatamasuunnittelu, Suomen kaupunkiliitto, kaupunkiliiton julkaisu C 38, Helsinki 1981

⁵ Guidelines for design of marinas, Australian standards, Standards Australia AS 3962-2001

23.9.2019

on aallonmurtajan kohdalla oletettu koostuvan kivistä ja moreenista. Vesisyvyudeksi on arvioitu keskimäärin 0,5 m.

Suojausvaihtoehto 1. Kohde suojataan kiinteällä aallonmurtajalla. Aallonmurtaja tulisi ulottaa kaavaehdotuksessa esitettyä aallonmurtajaa pidemmälle lahden puoliväliin, jotta saadaan aikaiseksi riittävä suojaus koko alueelle etelästä tulevaa aallokkoa vastaan. Mikäli kelluvien rakennusten edustalle ei tule kaavaehdotusten mukaisia aallokkoa vaimentavia laiturirakenteita, niin asuntomessualueen kelluvat rakenteet tulisi lisäksi suojata lounaasta tulevaa aallokkoa vastaan (Kuva 6). Lounaan suunnassa vastarannikko sijaitsee noin 800-900 m päässä.

Pengeraallonmurtaja voidaan mahdollisesti toteuttaa suurikokoisesta louheesta osittain nykyisten kivien varaan siten, että aallonmurtajan harjan korkeus tulisi noin tasolle $N_{2000} +1,0$ m. Parhaan suojauksen saavuttamiseksi aallonmurtaja voidaan rakentaa kaksiosaisena siten, että rantaan rajoittuvan osuuden pituus on noin 300 m ja lahden keskelle tulevan osuuden pituus noin 50 m. Alustavasti esitetyn pengeraallonmurtajan harjan leveys on 2 m, harjan taso 1 m ja luiskat 1:1,5. Vesisyvyyttä ei ole mitattu penkereen koko matkalla, mutta paikoitellen näkyvillä olevien kivien perusteella vesisyvyys on pääasiassa alle 1 m. Penkeren täyttömassat riippuvat vesisyvyydestä sekä painumasta. Aallonmurtajan kokonaispituus olisi edellä esitetyn perusteella noin 350 m ja karkeasti arvioitu täyttömassojen määrä olisi noin 5 000 m³tr. Mikäli pohjaolosuhteet osoittautuvat löyhiksi, niin täyttömassojen menekki on suurempi.

Aallonmurtajan toteutuskustannus riippuu suurikokoisen louheen saatavuudesta sekä pohjaolosuhteista, joka vaikuttaa tarvittaviin massamääriin. Alustavasti ja hyvin karkeasti arvioitu toteutuskustannus on noin 200 000 €.

Pitkä aallonmurtaja vaikuttaa jonkin verran lahden virtauksiin sekä maisemaan. Aallonmurtaja toteutetaan rannalta pengertäen.



Kuva 6. Kohteen suojaaminen kiinteällä aallonmurtajalla (suojausvaihtoehto 1). Aallonmurtaja on esitetty sinisellä katkoviivalla.

23.9.2019

Suojausvaihtoehto 2. Kohde suojataan kelluvalla aallonvaimentimella ja aallonmurtajan yhdistelmällä. Aallonvaimennin toteutetaan kahdesta 3-3,5 m leveästä ponttoniaallonvaimentimesta, jotka asennetaan toisiinsa nähden limittäin, jotta niiden välistä pääsee kulkemaan veneellä (Kuva 7). Aallonvaimentimen kokonaispituus on 280 m ja sen toteuttamisen alustavasti ja karkeasti arvioitu kustannus on noin 700 000 €. Todellinen kustannus riippuu vaimentimen tyyppistä ja varustelusta.

Aallonvaimentimen etuja ovat veden parempi vaihtuvuus sekä mahdollisuus hyödyntää aallonvaimenninta veneiden kiinnitykseen. Esim. 280 m pitkän aallonvaimentimen suojan puolelle saa 80 kpl 3,5 m leveää aisapaikkaa.



Kuva 7. Kohteen suojaaminen kelluvalla ponttoniaallonvaimentimella (suojausvaihtoehto 2). Aallonvaimennin on esitetty sinisellä tiheällä katkoviivalla.

Suojausvaihtoehto 3. Kohde suojataan kelluvan aallonvaimentimen ja aallonmurtajan yhdistelmällä. Kaavaehdotuksessa esitettyyn kohtaan rakennetaan noin 220 m pitkä louhepengeri, johon menee louhetäyttöä arviolta noin 3 200 m³rtr. Aallonmurtajan luoteispuolelle asennetaan noin 120 m pitkä ja 3-3,5 m leveä ponttoniaallonvaimennin (Kuva 8). Aallonvaimentimen suojan puolelle voidaan asentaa noin 34 kpl 3,5 m leveää aisapaikkaa.

Suojausvaihtoehto 3: alustavasti ja karkeasti arvioitu toteutuskustannus on noin 400 000 €.

Pohjaolosuhteilla on suuri merkitys kiinteän pengeraallonmurtajan kustannuksiin. Luotettavamman kustannusarvion laatiminen edellyttää pohjatutkimuksia aallonmurtajan alueelta. Esitetyissä pengeraallonmurtajan sisältävissä vaihtoehdoissa on oletettu, että aallonmurtajan kohdalla on myös tiiviitä maakerroksia. Massalaskelmissa on kuitenkin otettu huomioon myös n. 1...2 m painumavara.

23.9.2019



Kuva 8. Kohteen suojaaminen kiinteän aallonmurtajan ja kelluvan ponttoniaallonvaimentimen yhdistelmällä (suojausvaihtoehto 3). Aallonmurtaja on esitetty sinisellä katkoviivalla ja aallonvaimennin sinisellä tiheällä katkoviivalla.

Suojausvaihtoehtojen vertailu

Suojausvaihtoehtojen etujen ja haittojen vertailu on esitetty yhteenvetomaisesti taulukossa 1.

Taulukko 1. Yhteenveto suojausvaihtoehtojen eduista ja haitoista.

Suojausvaihtoehto	Toteutus- kustannus	Vaikutus virtauksiin ja maisemaan	Vene- paikat	Suojatun alueen potentiaali- nen koko
1. Kiinteä aallonmurtaja	+	-	-	+
2. Kelluva aallonvaimennin	-	+	+	-
3. Kiinteän + kelluvan yhdistelmä	±	±	±	±

Muuta huomioitavaa

Kohteen kelluvien rakenteiden käyttömukavuuteen voidaan lisäksi vaikuttaa oleellisesti rakenteiden sijoittelulla, ankkuroinnilla sekä esim. kölejä tai erilaisia keinuntaa rajoittavia vesisäiliötä käyttämällä. Kelluvien asuinkäyttöön tarkoitettujen proomujen ja ponttonien käyttömukavuutta erilaisessa aallokossa on käsitelty esim. Brunestin diplomityössä.⁶

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

⁶ Brunest, S.: Apartment barges, a comfort and safety analysis, Master Thesis 0304, Royal Institute of Technology, Stockholm 2003