

LUONTO JA VIRKISTYS

Suvisaariston aaltoiluselvitys – Turvalliset rakentamiskorkeudet

18.12.2023



YLEISKAAVA 2060

Sitowise Oy / Lauri Nevalainen

Päiväys **18.12.2023**

Laatija **Lauri Nevalainen**

Tarkastaja **Sanna Vaalgamaa, Markus Katainen**

Hyväksyjä **Sanna Vaalgamaa**

Projektinumero **YKK68018**

Espoon kaupunki
Kaupunkisuunnittelukeskus
PL 43
02070 ESPOON KAUPUNKI

Julkaisu verkossa: www.espoo.fi

ISBN (painettu)
ISBN (PDF)

Esipuhe

Espoon yleiskaava 2060 tavoitteet on hyväksytty kaupunginhallituksessa 13.3.2023. Kaavaluonnoksen valmistelun yhteydessä on laadittu erillisselvityksiä useista teemoista, kuten elinkeinoista, kaupasta ja luontoarvoista. Kaikkien tehtyjen selvitysten, analyysien sekä vaikutusten arvioinnin tarkoitus on tukea ja havainnollistaa kaavan ratkaisua. Tieto on tarkoitettu kaikille osallisille, päätöksentekijöille ja suunnittelijoille.

Tässä selvityksessä on arvioitu Espoon Suvisaariston aaltoiluvaraa turvallisten rakentamiskorkeuksien muodostamiseksi. Selvityksen lähtökohtana on ollut aaltoiluvaratiedon puuttuminen Soukanniemi-Suvisaariston osayleiskaavan alueelta. Soukanniemi-Suvisaariston osayleiskaavassa on määritelty rakennuspaikat, mutta kaavan laatimisen aikana tietoa aaltoiluvarasta ei ollut. Tämä selvitys tuottaa pohjatietoa alueen rakentamisen mahdollisuuksista, koska kaavan rakentamisen paikoista tulee olla tieto sijoittumisen turvallisuudesta. Rakennusten turvallinen sijoittelu edellyttää huomioimaan tulvavaaran lisäksi myös aaltoiluvaran. Saariston osayleiskaavassa aaltoiluvara on selvitetty vastaavalla menetelmällä vuonna 2016.

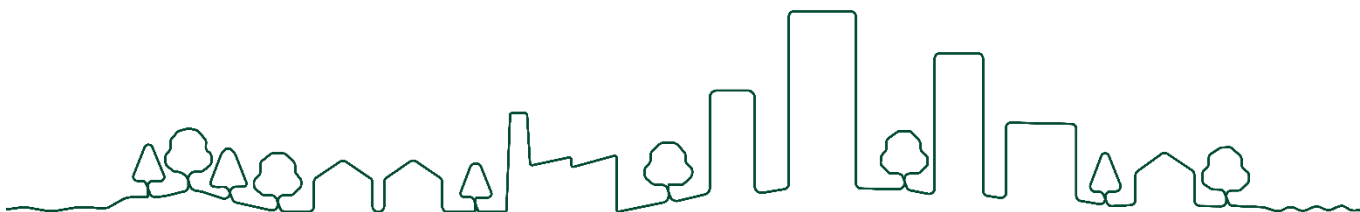
Raportin laadinnasta on vastannut Sitowise Oy.

Toivon teille kiinnostavia lukuhetkiä tämän selvityksen parissa!



Essi Leino

yleiskaavapäällikkö



Raportti

18.12.2023

Sisällysluettelo

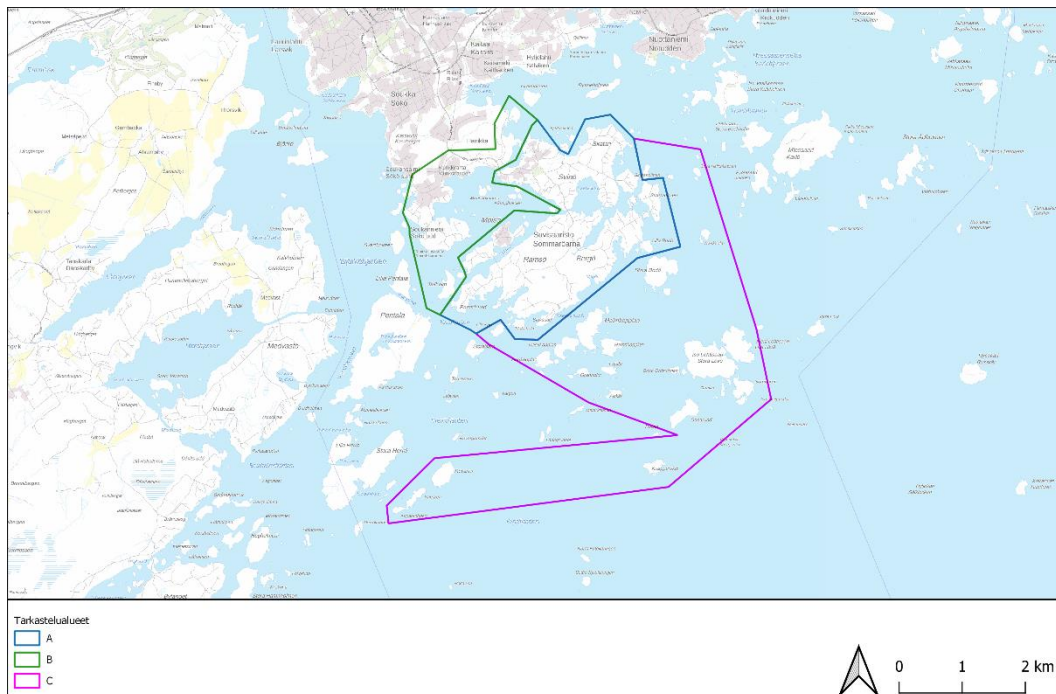
1	Johdanto	3
1.1	Työn tavoite	3
1.2	Tekijät	3
2	Aineistot ja menetelmät	4
2.1	Kaltevuustaso ja vuoden 2100 tulvatilanteen korkeusmalli	4
2.2	Vuoden 2100 tulvatilanteen rantaviiva ja rantaviivan pisteet	4
2.3	Tuulen pyyhkäisymatka	4
2.4	Pyyhkäisymatkan manuaaliset tarkennukset	5
2.5	Aaltoiluvara ja turvallinen rakentamiskorkeus	5
3	Tulokset	6
3.1	Alue A	6
3.2	Alue B	7
3.3	Alue C	8
3.4	Tulosten vertaaminen	9
3.4.1	Mitattu merkitsevä aallonkorkeus	9
3.4.2	Pinnan aaltoekspositio	10
4	Tulosten tulkinta pisteiden välille	10
5	Epävarmuudet	12
6	Johtopäätökset	13
	Lähteet	14
	Liitteet	15

Suvisaariston aaltoiluselvitys

1 Johdanto

1.1 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena oli määrittää Espoon kaupungille turvallisia rakennuskorkeuksia vuoden 2100 tulvatilanteen mukaisesti Espoon yleiskaavan 2060 ratkaisujen tueksi. Selvitys tehtiin alueille A-C (Kuva 1).



Kuva 1. Suvisaariston alueet (A-C) Espoon Suvisaaristossa.

Tässä selvityksessä määriteltiin turvalliset rakentamiskorkeudet "Tulviin varautuminen rakentamisessa"-oppaan (SYKE 2014) avulla perustuen paikkatietoanalyysiin. Selvityksen antamia tuloksia arvioidaan vertaamalla niitä lähialuetta koskeviin aineistoihin. Tulokset esitetään tämän raportin liitekartoissa ja tilaajalle toimitetussa paikkatietoaineistossa.

1.2 Tekijät

Työn projektipäällikkönä on toiminut Sanna Vaalgamaa. Raportin paikkatietoanalyysistä ovat vastanneet Lauri Nevalainen ja Antti

18.12.2023

Kallaranta. Raportin kirjoittamisesta on vastannut Lauri Nevalainen ja laadunvarmistajina ovat toimineet Sanna Vaalgamaa ja Markus Katainen.

2 Aineistot ja menetelmät

2.1 Kaltevuustaso ja vuoden 2100 tulvatilanteen korkeusmalli

Maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmallista (N2000) laadittiin vuoden 2100 tulvatilannetta vastaava korkeusmalli, jossa vedenkorkeus on 2,8 m nykyistä korkeammalla (ELY 2021) sekä maanpinnan kaltevuutta kuvaava rasteritaso.

2.2 Vuoden 2100 tulvatilanteen rantaviiva ja rantaviivan pisteet

Korkeusmallin avulla laadittiin vuoden 2100 tulvatilanteen mukainen vedenkorkeuden taso, joka on nykytilanteen korkeusmallissa tasolla + 2,8 m. Tästä muodostettiin polygonitaso. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin alle yhden hehtaarin kokoiset saaret ja luodot.

Analyysin tarkastelupisteet sijoitettiin em. tasolle 50 m välein. Tarkastelupisteen muoto on ympyrä, jonka halkaisija on 25 metriä. Pisteiden lukumäärä analyysissä on 1380.

2.3 Tuulen pyyhkäisymatka

Tuulen pyyhkäisymatka, eli matka, jonka tuuli on saanut esteettä kasvattaa aallokkoa, määritettiin em. polygonitason ja tarkastelupisteiden avulla. Pyyhkäisymatkan määrittäminen tehtiin R-ohjelman (4.2.2) fetchR-paketilla (Seers 2020). Työssä käytetty R-koodi on esitetty liitteessä 1.

Koska R-paketti tarkastelee pyyhkäisymatkoja pisteestä lähimpään maa-alueeseen, analyysiä varten tarkastelupisteistä tehtiin 2,79 m korkeusviivalle aputaso. Pyyhkäisymatkan maksimipituudeksi asetettiin 10 kilometriä ja yksittäisten laskentasäteiden asteeksi 10, jolloin yhtä tarkastelupisteen pyyhkäisymatkaa kohden tuli 36 sädettä. Tuloksena saatiin pyyhkäisymatkan pituudet pääilmansuunnittain.

Tuloksia käsiteltiin edelleen ehtolausekkeiden avulla.

Tarkastelupisteen pyyhkäisymatka skaalattiin 10, 5, 2 ja 1 km

Raportti

18.12.2023

pituisiksi riippuen pääilmansuunnalle ($a \dots d$) lasketusta pyyhkäisymatkasta ($y_{a \dots d}$). Pyyhkäisymatka (x) laskettiin kaavalla (1):

$$f(x) = \begin{cases} 10 \text{ jos } y_a \text{ TAI } y_b \text{ TAI } y_c \text{ TAI } y_d \geq 7,5 \\ 5 \text{ jos } y_a \geq 3,5 \text{ JA } < 7,5 \text{ TAI } \text{ jos } y_b \geq 3,5 \text{ JA } < 7,5 \dots \\ 2 \text{ jos } y_a \geq 1,5 \text{ JA } < 3,5 \text{ TAI } \text{ jos } y_b \geq 1,5 \text{ JA } < 3,5 \dots \\ 1 \text{ jos } y_a \text{ TAI } y_b \text{ TAI } y_c \text{ TAI } y_d \leq 1,5 \end{cases} \quad (1)$$

2.4 Pyyhkäisymatkan manuaaliset tarkennukset

Manuaalisen tarkastelun myötä saatuja pyyhkäisymatkoja muutettiin tiettyjen pisteiden osalta edustavimmiksi siten, että pyyhkäisymatkat vastaavat lähialueen samankaltaisissa paikoissa toisiaan. Pyyhkäisymatkaa laskettiin 9 pisteen ja nostettiin 17 pisteen osalta.

Tulvaskenaarion perusteella tulevaisuudessa veden alle jäävien nykyisten saarten ja luotojen vaikutus tietyillä paikoilla todennäköisesti heikentää aallon muodostumista. Aallon muodostumista heikentää näiden alueiden matala vesisyvyys ja kasvillisuus. Näitä tarkastelupisteitä tunnistettiin yhteensä 111 kappaletta. Kyseisten pisteiden pyyhkäisymatkaa ei muutettu, koska todellista vaikutusta on hankala arvioida.

Pisteet, joiden kohdalla muutoksia/huomioita on tehty, on esitetty liitteessä 2.

2.5 Aaltoiluvara ja turvallinen rakentamiskorkeus

Aaltoiluvara eri pyyhkäisymatkoille laskettiin hyödyntämällä Tulviin varautuminen rakentamisessa -oppaan (SYKE 2014) aaltoiluvaran määrittystä. Opas antaa tiedot aaltoiluvaran laskemiseen jyrkälle ja loivalle rannalle 1, 2, 5 ja 10 km pyyhkäisymatkoille 25 m/s tuulennopeudella. Tässä työssä on hyödynnetty edellisessä työssä (Sitowise 2017) määritettyjä interpolointifunktioita neljälle kaltevuusluokalle. Aaltovara laskettiin kaavalla (2):

Raportti

18.12.2023

$$1 \text{ km} = f(x) = \frac{1800}{7}x + \frac{30}{7}$$

$$2 \text{ km} = f(x) = \frac{2700}{7}x + \frac{10}{7}$$

$$5 \text{ km} = f(x) = \frac{3900}{7}x + \frac{100}{7}$$

$$10 \text{ km} = f(x) = \frac{5700}{7}x + \frac{130}{7}$$

,jossa $f(x)$ on aaltovara (cm) ja x on kaltevuus murtolukuna (2)

Kaltevuus laskettiin tarkastelupisteen keskimääräisenä kaltevuutena ja muutettiin murtoluvuksi kaavalla (3):

$$f(x) = \tan\left(\frac{\text{kaltevuusasteina} \cdot \pi}{180}\right) \quad (3)$$

Aaltovaraan lisättiin alin suositeltu rakentamiskorkeus 280 cm, minkä tuloksena saatiin alin turvallinen rakentamiskorkeus.

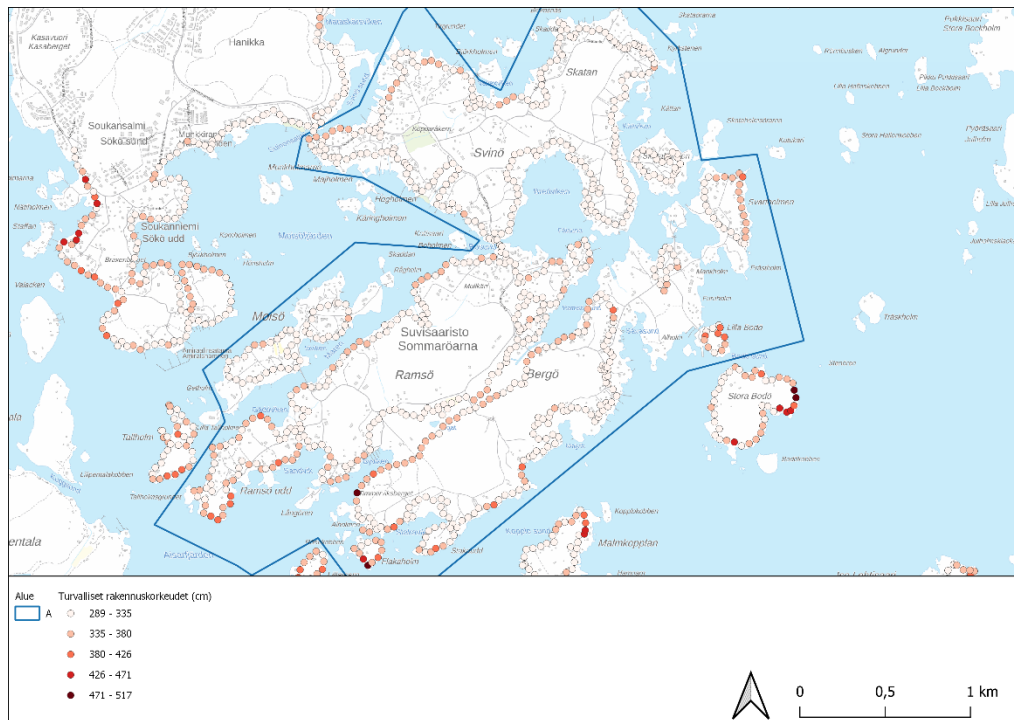
3 Tulokset

Analyysin tuloksena saatiin tarkastelupisteille alimmat suositeltavat rakentamiskorkeudet. Tulokset on esitetty alueittain (A-C) vertaamalla tuloksia koko aineistosta laskettuun turvallisten rakennuskorkeuksien 90 prosentin todennäköisyysväliin (300,7–376,6 cm). Koko alueen turvalliset rakentamiskorkeudet esitettynä 2,8 m korkeuskäyrällä on esitetty liitteessä 3. Tarkempaa tarkastelua varten lukijan on hyvä tutusta paikkatietoaineistoon.

3.1 Alue A

Alue A:lla on 756 tarkastelupistettä (Kuva 2.). Pisteistä 629 on turvallisten rakennuskorkeuksien 90 prosentin todennäköisyysvälillä (300,7–376,6 cm) ja 127 pistettä saavat tätä korkeampia (21) tai matalampia (106) arvoja.

18.12.2023

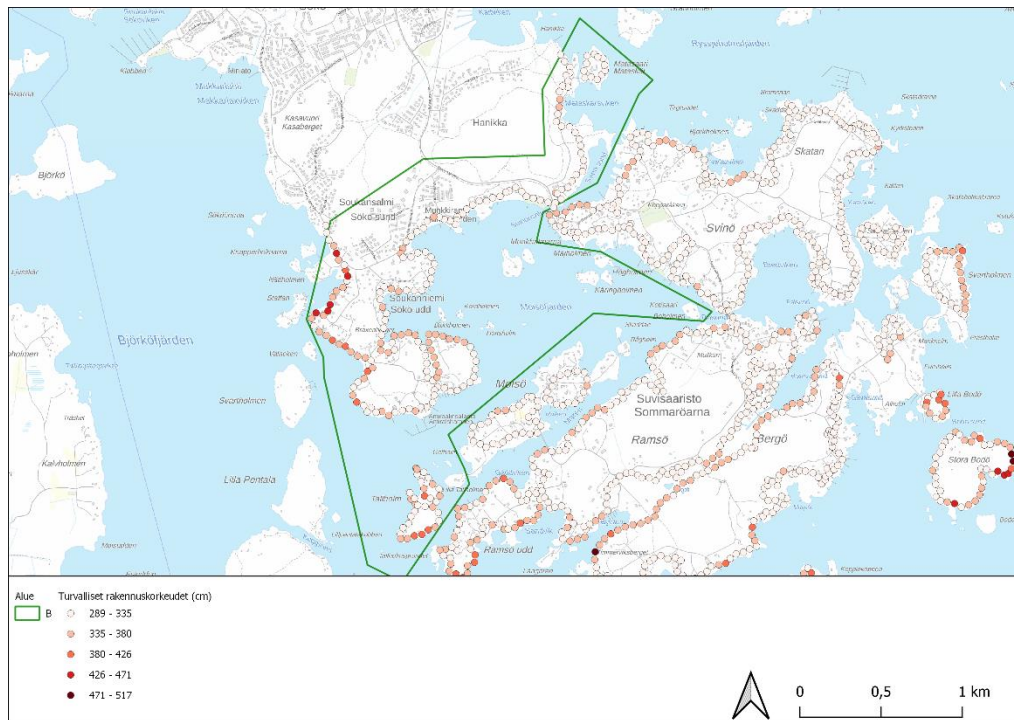


Kuva 2. Turvalliset rakentamiskorkeudet (cm) alueella A.

3.2 Alue B

Alue B:llä on 214 tarkastelupistettä (Kuva 3.). Pisteistä 188 on turvallisten rakennuskorkeuksien 90 prosentin todennäköisyydellä (300,7–376,6 cm) ja 26 pistettä saavat tätä korkeampia (15) tai matalampia (11) arvoja. Korkeammat arvot sijoittuvat alueen luoteisosaan (Nätiholmen). Näistä pisteistä osa on huomioitu kohdassa 2.4., jolloin todellinen aallonkorkeus saattaa olla laskennallista korkeutta matalampi johtuen vedenalaisista saarista ja luodoista.

18.12.2023

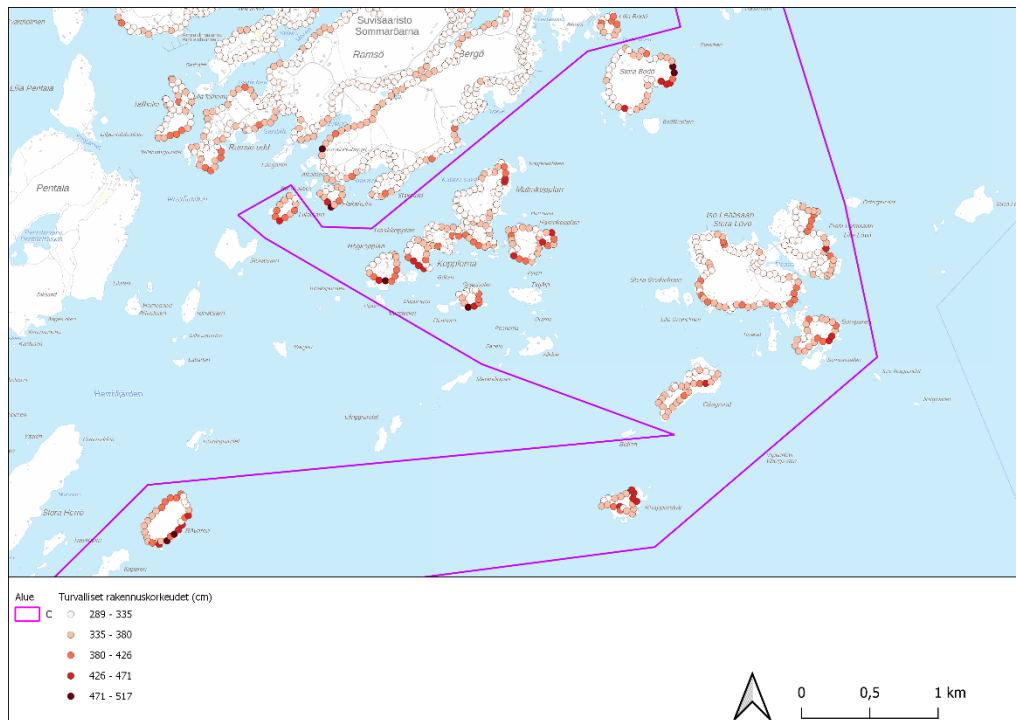


Kuva 3. Turvalliset rakentamiskorkeudet (cm) alueella B.

3.3 Alue C

Alue C:llä on 408 tarkastelupistettä (Kuva 4.). Pisteistä 285 on turvallisten rakennuskorkeuksien 90 prosentin todennäköisyysvälillä (300,7–376,6 cm) ja 123 pistettä saavat tätä korkeampia (102) tai matalampia (21) arvoja. Korkeammat arvot sijoittuvat avoimille ja jyrkille paikoille. Näistä pisteistä osa on huomioitu kohdassa 2.4., jolloin todellinen aallonkorkeus saattaa olla laskennallista korkeutta matalampi johtuen vedenalaisista saarista ja luodoista. Matalammat arvot sijoittuvat paikoille missä pyyhkäisymatka on pieni ja rannat loivia.

18.12.2023



Kuva 4. Turvalliset rakentamiskorkeudet (cm) alueella C.

3.4 Tulosten vertaaminen

3.4.1 Mitattu merkitsevä aallonkorkeus

Saatuja tuloksia voidaan verrata aaltoiluvaran osalta Helsingin Isosaarella tehtyihin aaltomittauksiin (Björkqvist ym. 2019), joita on tehty ajanjaksolla 15.8.-22.9.2014. Isosaaren eteläosan voidaan katsoa olevan vertailukelpoinen C-alueen avoimimpiin pisteisiin. Isosaaren eteläosan mitatut merkitsevät aallonkorkeudet ovat olleet maksimissaan 160 cm (19.8.2014 klo 11.21). Ilmatieteenlaitoksen tietojen mukaan kyseisenä ajankohtana tuulennopeus on Helsingin majakan mittausasemalla ollut 15,2 m/s (FMI 2023).

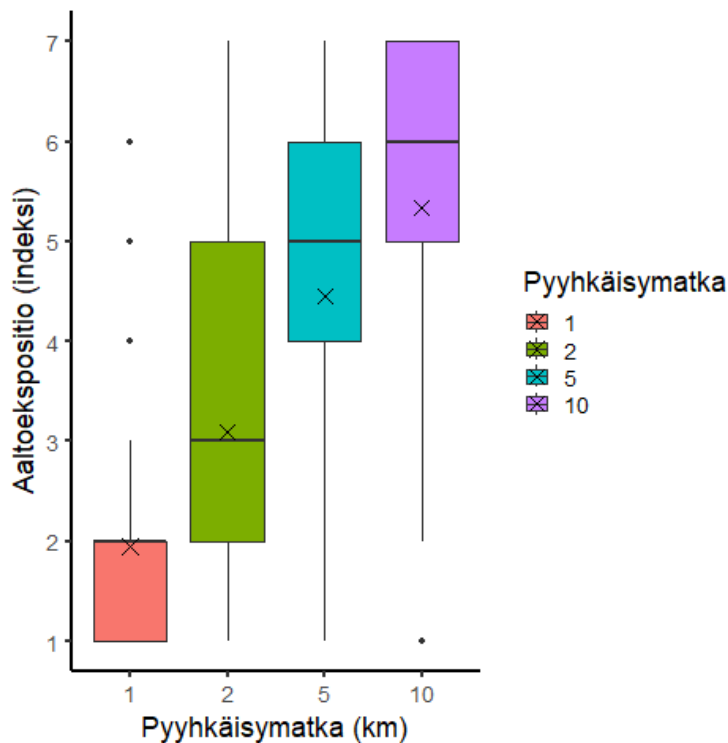
Tarkastelupisteitä, joiden pyyhkäisymatka on 10 km (N=76) ja aaltoiluvara on pienempi kuin 160 cm, on 58 kappaletta. Pisteet ovat osittain samoja, mitä on tunnistettu kohdassa 2.4., jolloin todellinen aallonkorkeus saattaa olla laskennallista korkeutta matalampi johtuen vedenalaisista saarista ja luodoista.

Mitattuun aallonkorkeuteen liittyvät tarkastelupisteet on esitetty liitteessä 4.

18.12.2023

3.4.2 Pinnan aaltoekspositio

VELMU:n pinnan aaltoekspositio -aineisto (SYKE 2015) kuvaa rannan suojaisuutta aalloilta indeksinä (1 = erittäin suojainen – 7 = erittäin avoin). Aineisto perustuu keskimääräisen tuulennopeuden ja -suunnan sekä pyyhkäisymatkan perusteella määritettyyn aaltomalliin, mistä on laskettu arvoja 25x25 m hiloille. Kullekin tarkastelupisteelle otettiin lähin arvo hilasta ja verrattiin pyyhkäisymatkoihin. Lasketut pyyhkäisymatkat vertautuvat visuaalisesti tarkasteltuna hyvin aaltoekspositioarvoihin, vaikka hajontaa toki on (Kuva 6).



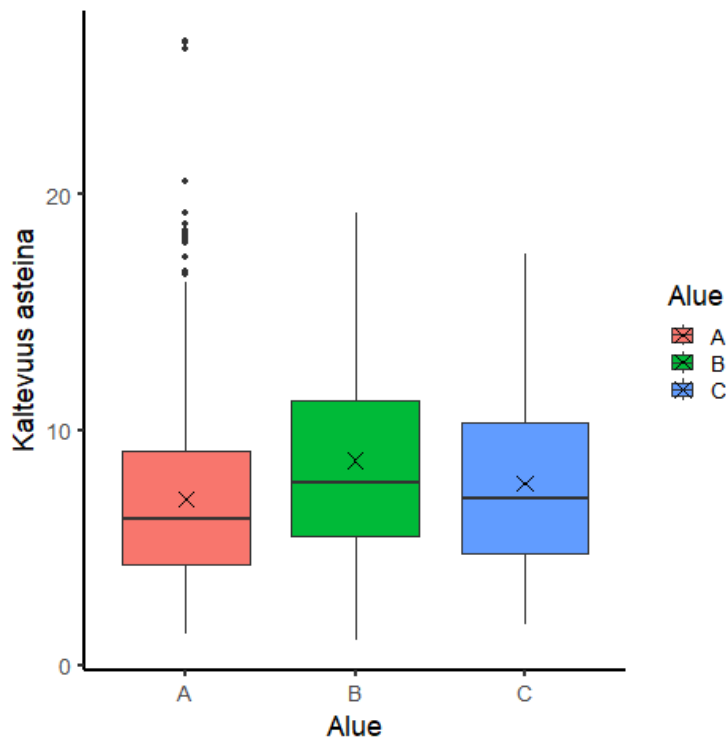
Kuva 5. Tuulen pyyhkäisymatkan (km) ja pinnan aaltoekspositioindeksin vertailu. Kuvaajassa janat kuvaavat arvojen minimiä ja maksimia, laatikko sisältää puolet arvoista, mediaani on kuvattu horisontaaliviivalla ja keskiarvo x-merkinnällä. Aineiston ääriarvot on esitetty erillisinä pisteinä.

4 Tulosten tulkinta pisteiden välille

Vierekkäisten pisteiden välinen vaihtelu turvallisissa rakennuskorkeuksissa johtuu pääasiassa kaltevuuden vaihtelusta. Kaltevuus on keskimäärin korkeinta alue B:llä, kun taas vaihtelu on suurinta alue A:lla ja pienintä alue C:llä. Kaltevuuden vaihtelu eri alueilla on esitetty kuvassa 7.

Raportti

18.12.2023

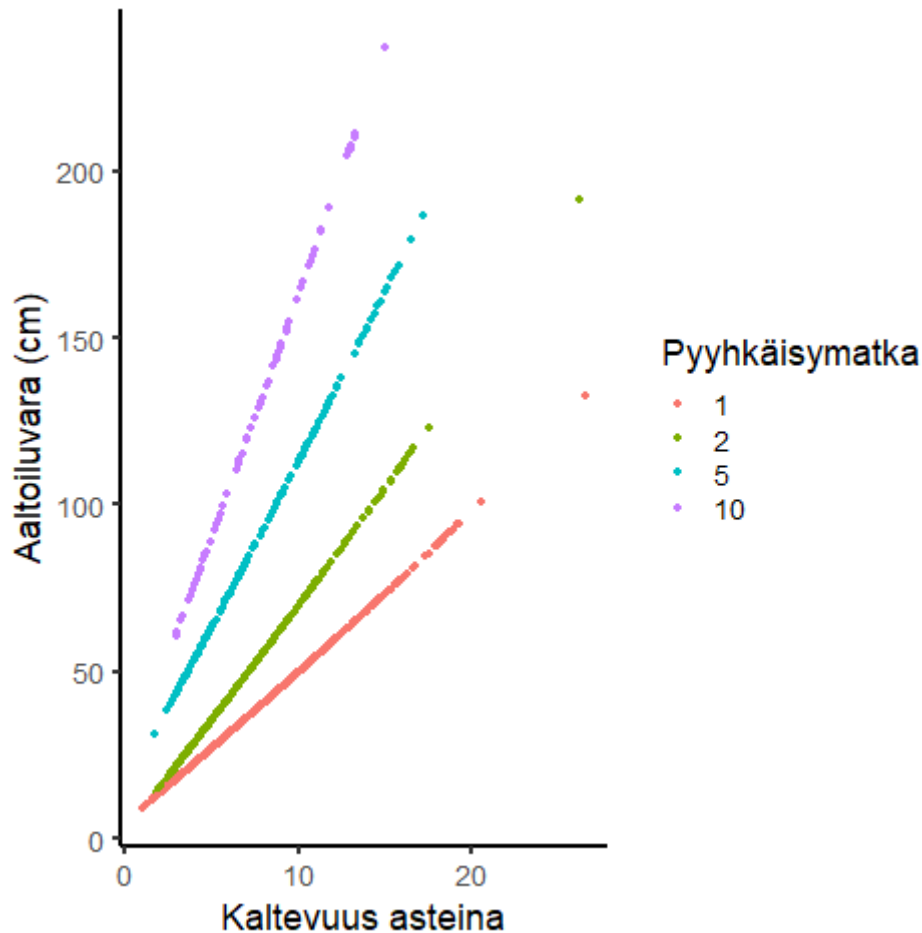


Kuva 6. Kaltevuuden vaihtelu alueilla A-C. Kuvaajassa Janat kuvaavat arvojen minimiä ja maksimia, laatikko sisältää puolet arvoista, mediaani on kuvattu horisontaaliviivalla ja keskiarvo x-merkinnällä. Aineiston ääriarvot on esitetty erillisinä pisteinä.

Alueiden (A-C) sisällä vierekkäisten pisteiden välinen kaltevuuden vaihtelu on noin 10 prosenttia (A: 10,2 %; B: 9,7 %; C: 10,5 %). Aaltoiluvaran riippuvuus kaltevuudesta tietyllä pyyhkäisymatkalla on esitetty kuvassa 8. Mitä suurempi pyyhkäisymatka sitä suurempi kulmakerroin, jolloin em. noin 10 prosentin muutos kaltevuudessa vaikuttaa eniten paikoilla, joilla pyyhkäisymatka on pitkä.

Kun halutaan tehdä ei-laskennallinen arvio pisteiden väliin jäävien alueiden turvallisista rakennuskorkeuksista, on muistettava sekä alueiden välinen että sisäinen kaltevuuden vaihtelu. Koska pyyhkäisymatka on todennäköisesti sama, huomioiden noin 10 prosentin vaihtelu sisäisessä kaltevuudessa, voidaan aaltoiluvaraa arvioida kuvan 8 suorilta.

18.12.2023



Kuva 7. Aaltoiluvaran riippuvuus kaltevuuden mukaan eri pyyhkäisymatkoilla (1, 2, 5 ja 10 km).

5 Epävarmuudet

Tämä työ perustuu menetelmällisesti vuonna 2017 tehtyyn turvallisten rakennuspaikkojen analyysiin (Sitowise). Menetelmiin ei pyyhkäisymatkan arviointia lukuun ottamatta tehty muutoksia, joten raportissa esitetyt laskennalliset epävarmuudet pätevät myös tässä työssä.

Muita epävarmuuksissa huomioitavia asioita ovat:

- Tuulen pyyhkäisymatkan skaalaus tietyille pituuksille (maksimipituus 10 km) - aiheuttaa epävarmuutta etenkin avoimilla paikoilla, joissa todellinen pyyhkäisymatka voi olla pidempi.

Raportti

18.12.2023

- Lasketut pyyhkäisymatkat eivät ota huomioon vallitsevaa tuulensuuntaa.
- Veden alle jääviä luotoja ja pieniä saaria ei ole huomioitu aaltoiluvarassa. Veden alle jäävien luotojen ja saarien matala vesisyvyys ja kasvillisuus pienentää aallonkorkeuksia.
- Ranta-alueiden kasvillisuutta ei ole huomioitu. Todellisuudessa kasvillisuus hajottaa ja mataloittaa aallokkoa. Rantakasvillisuuden aiheuttama epävarmuus on sitä suurempi, mitä kauempana piste on nykyisestä rantaviivasta.
- Rannan kaltevuus on laskettu 25 m pisteen sisältä. Tämä ei huomioi rannan kaltevuutta pisteen ulkopuolella, jolla voi olla vaikutusta aallon muodostumiseen.

6 Johtopäätökset

Tässä työssä tuotettiin turvallisten rakennuskorkeuksien analyysi Espoon Suvisaaristossa. Lasketut tulokset edustavat vuoden 2100 tulvatilanteen vedenkorkeuden (+2,8 m) mukaiselle korkeudelle luotujen tarkastelupisteiden arvioitua turvallisia rakennuskorkeuksia.

Tulokset ovat edustavia huomioiden tarkastelupisteiden sijainnin ja koon rajoitukset, sekä tarkasteltujen alueiden (A-C) maantieteellisen sijainnin ja ominaisuudet. Tarkastelupisteet ovat vuoden 2100 tulvatilanteen vedenkorkeuden tasolla, ja niiden jyrkkyys edustaa pisteen sisältä laskettua keskiarvoa. Tarkastelluista alueista alue C on avoin ja B suojaisin. Kaltevuuden vaihtelu sekä alueiden sisällä että välillä ei ole suurta, mutta pyyhkäisymatkan kasvaessa muutokset kaltevuudessa vaikuttavat eniten turvallisten rakennuskorkeuksien arviointiin.

Selvityksen tuloksia voidaan hyödyntää soveltuvien osien alueen suunnittelussa.

18.12.2023

Lähteet

Björkqvist, J-V. Kahma, K., Johansson, M., Jokinen, H., Leijala, U., Särkkä, J. Tikka, K. & Tuomi, L. 2019. Turvalliset rakentamiskorkeudet Helsingin rannoilla. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2019:20.

ELY. 2021. Helsingin ja Espoon rannikkoalueen tulvariskien hallintasuunnitelma vuosille 2022–2027. HELSINGIN JA ESPOON RANNIKKOALUEEN TULVARYHMÄ. 50 s.

Pullen, T.A., Allsop, W., Silva, E., Goff, C. & Williamson, T., 2018. Wave and overtopping predictions on reservoirs and inland waterways. Proc. 3rd Int. Conf. on Protection against Overtopping, June 2018.

Seers, B. 2020. fetchR: Calculate Wind Fetch. R package version # > 2.1-2. <https://cran.r-project.org/package=fetchR>

Sitowise. 2017. Saariston osayleiskaava – turvalliset rakentamiskorkeudet. Espoon kaupunkisuunnittelukeskus. 8 s. + liitteet.

Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2015. Pinnan aaltoekspositio (VELMU). <https://ckanmtp.ymparisto.fi/dataset/pinnan-aaltoekspositio>

Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2014. Tulviin varautuminen rakentamisessa: Opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueella. Ympäristöopas 2014. 80 s.

Liite 1. Työssä käytetyn numeerisen analyysin R-koodi.

18.12.2023

Liitteet

```
#paketin lataamiseksi, käytä install.packages("paketin_nimi")
library(tidyverse)
library(dplyr)
library(fetchR)
library(sf)
library(sp)
library(rgdal)
library(terra)

#Lasketaan pyyhkäisymatka, fetch, rakennuspaikkojen ja maa-alueen (polygon) perusteella

setwd("polku_työkansioon")

crs<-CRS("+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=25 +k=1 +x_0=25500000 +y_0=0 +ellps=GRS80 +towgs84=0,0,0,0,0,0,0
+units=m +no_defs +type=crs") #Projektin koordinaatisto EPSG 3879, GK25

rv <- readOGR("polku_tiedostoon") #Tulevaisuuden saaristo polygoni

rv_proj <- spTransform(rv, crs) # Muutetaan projektio
rv_geom <- geometry(rv_proj) # Spatiaalitasoksi

rp <- readOGR("polku_tiedostoon") #Rakennuspaikkojen testipisteet

rp_proj <- spTransform(rp, crs) # Muutetaan projektio
rp_geom <- geometry(rp_proj) # Spatiaalitasoksi

fetch<-fetch(rv_geom, rp_geom, max_dist = 10, n_directions = 9) # Lasketaan pyyhkäisymatka, maksimimatka on
10km, https://github.com/blasee/fetchR#readme
summary(fetch)

##### Jos fetch-taso on jo olemassa #####

fetch <- readOGR("polku_tiedostoon")

fetch_df <- fetch %>%
as.data.frame(fetch)%>%
mutate(across(where(is.numeric), round, 1))%>%
select(ID, North, East, West, South)

##### Jos fetch taso ei ole olemassa #####

fetch_df<-as(summary(fetch), "data.frame") # Muutetaan dataframeksi
head(fetch_df)

res <- fetch_df %>% # Lasketaan pisteiden fetch-arvot, Muutettu samaan muotoon kuin edellisessä projektissa,
lasketaan arvo pisimmän pyyhkäisymatkan mukaan. Luodaan ID-muuttuja helpottamaan pisteiden tunnistusta
mutate(Fetch = case_when((North >= 7.5 | East >= 7.5 | South >= 7.5 | West >= 7.5) ~ 10,
(North >= 3.5 & North < 7.5 | East >= 3.5 & East < 7.5 | South >= 3.5 & South < 7.5 | West >= 3.5 & West < 7.5) ~
5,
(North < 3.5 & North >= 1.5 | East < 3.5 & East >= 1.5 | South < 3.5 & South >= 1.5 | West < 3.5 & West >= 1.5)
~ 2,
(North < 1.5 | East < 1.5 | South < 1.5 | West < 1.5) ~ 1)) %>%
mutate(ID = seq.int(nrow(fetch_df))) %>%
select(ID, North, East, South, West, Fetch)
```

Liite 1. Työssä käytetyn numeerisen analyysin R-koodi.

18.12.2023

```
head(res) # Katsotaan että näyttää oikealta

fetch_sp<-SpatialPointsDataFrame(coords = coordinates(fetch), data = res, proj4string = crs) # Muutetaan
spatiaalitasoksi

kml(fetch, colour = "white", overwrite=T) # Vie pyyhkäisymatkaviivat KML-muotoon ja tallentaa työkansioon

writeOGR(fetch_sp,"polku_tiedostoon", "tason_nimi", driver="ESRI Shapefile") # Tallentaa Fetch-tason Shapefilenä

# Lasketaan aaltoiluvara kaltevuuden, korkeuden, fetchin perusteella

fetch <- readOGR("polku_tiedostoon") # Fetch-taso

fetch_df <- fetch %>%
as.data.frame(fetch) %>%
select(ID, Fetch)

rpaikat <- readOGR("polku_tiedostoon") # 25 metrin pisteet

v <- vect(rpaikat)

kaltevuus <- rast("polku_tiedostoon") # Kaltevuuden rasteritaso

kalt_mean <- extract(kaltevuus, v, fun='mean', na.rm=TRUE) #Lasketaan rantapisteiden kaltevuus, muunnos
murtoluvuksi myöhempää laskentaa varten
kalt <- kalt_mean %>%
  mutate(kalt_murto = tan(kaltevuusasteina*pi/180)) %>%
  select(kaltevuusasteina, kalt_murto)

yhdistetty <- cbind(fetch_df, kalt) # Yhdistetään rivit Fetch- ja kaltevuustasosta
head(yhdistetty) # Katsotaan että näyttää oikealta

res <- yhdistetty %>% # Lasketaan aaltovara interpolointifunktioiden perusteella ja lisätään 280 cm turvallisen
rakennuskorkeuden saamiseksi, kts Saariston osayleiskaava_rakentamisaikaselvitys_30062017.pdf s. 4
  mutate(Aaltovara = case_when(
    Fetch == 10 ~ (5700/7 * kalt_murto) + (130/7),
    Fetch == 5 ~ (3900/7 * kalt_murto) + (100/7),
    Fetch == 2 ~ (2700/7 * kalt_murto) + (10/7),
    Fetch == 1 ~ (1800/7 * kalt_murto) + (30/7)
  )) %>%
  mutate(turv_rakkork = as.double(Aaltovara)+280)
head(test) # Katsotaan että näyttää oikealta

res_qu <- quantile(res$urv_rakkork, probs = c(0.10, 0.90)) # Turvallisten rakennuskorkeuksien 90 % luottamusväli
res_sp <- SpatialPointsDataFrame(coords = coordinates(fetch), data = res, proj4string = crs) # Muutetaan
spatiaalitasoksi

writeOGR(res_sp,"polku_tiedostoon", "tason_nimi", driver="ESRI Shapefile") # Tallentaa tason Shapefilenä
```

18.12.2023

Y-tunnus 2335445-0, **Kotipaikka** Espoo
Sähköposti etunimi.sukunimi@sitowise.com

18.12.2023

Y-tunnus 2335445-0, **Kotipaikka** Espoo
Sähköposti etunimi.sukunimi@sitowise.com

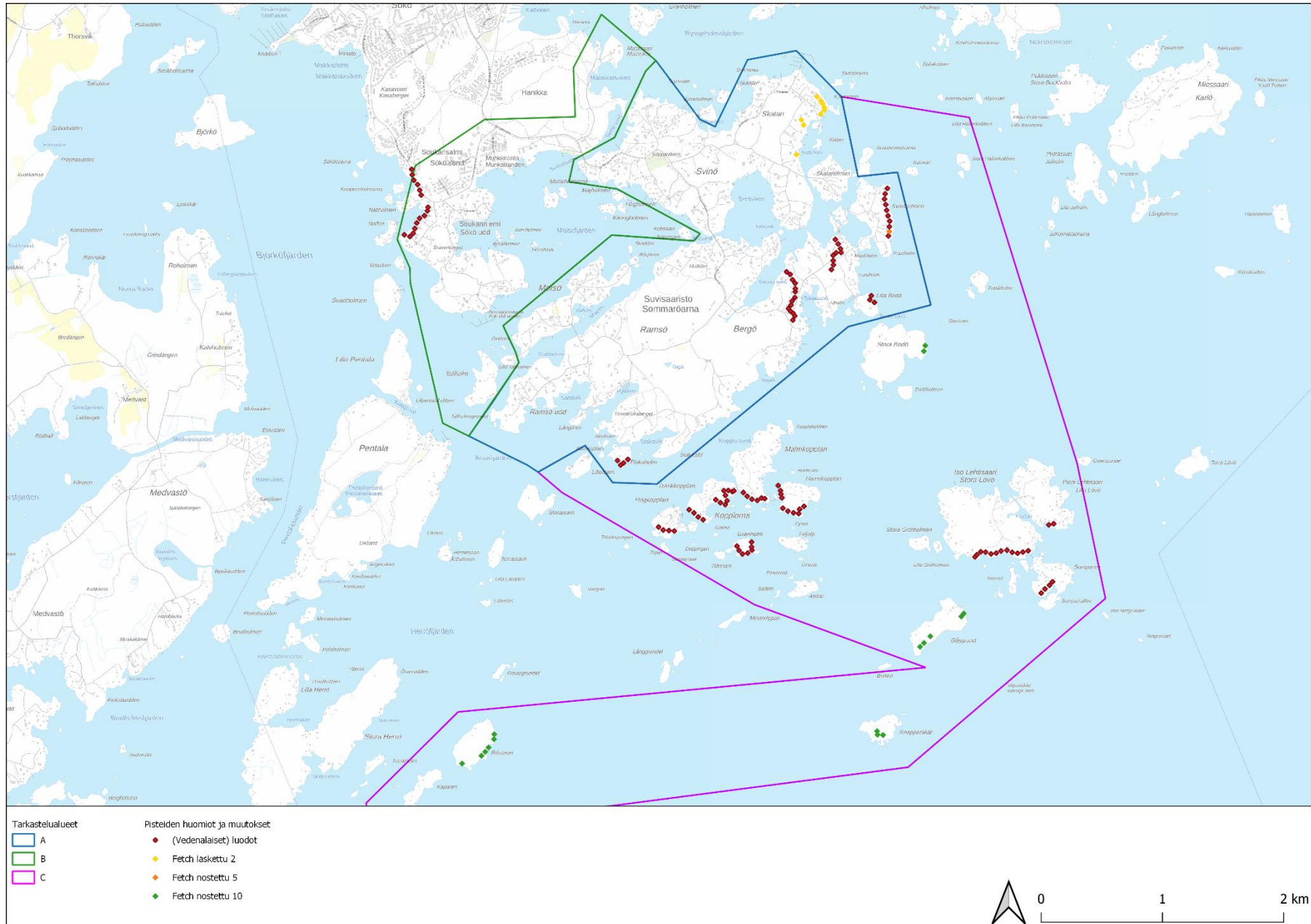
Liite 2. Pisteiden huomiot ja muutokset
pyyhkäisymatkaan

18.12.2023

1371	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1372	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1373	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1374	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1375	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1378	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1379	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1380	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1381	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1382	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan
1383	(Vedennalaiset) luodot voivat vaikuttaa aallonmuodostumiseen ja todelliseen pyyhkäisymatkaan

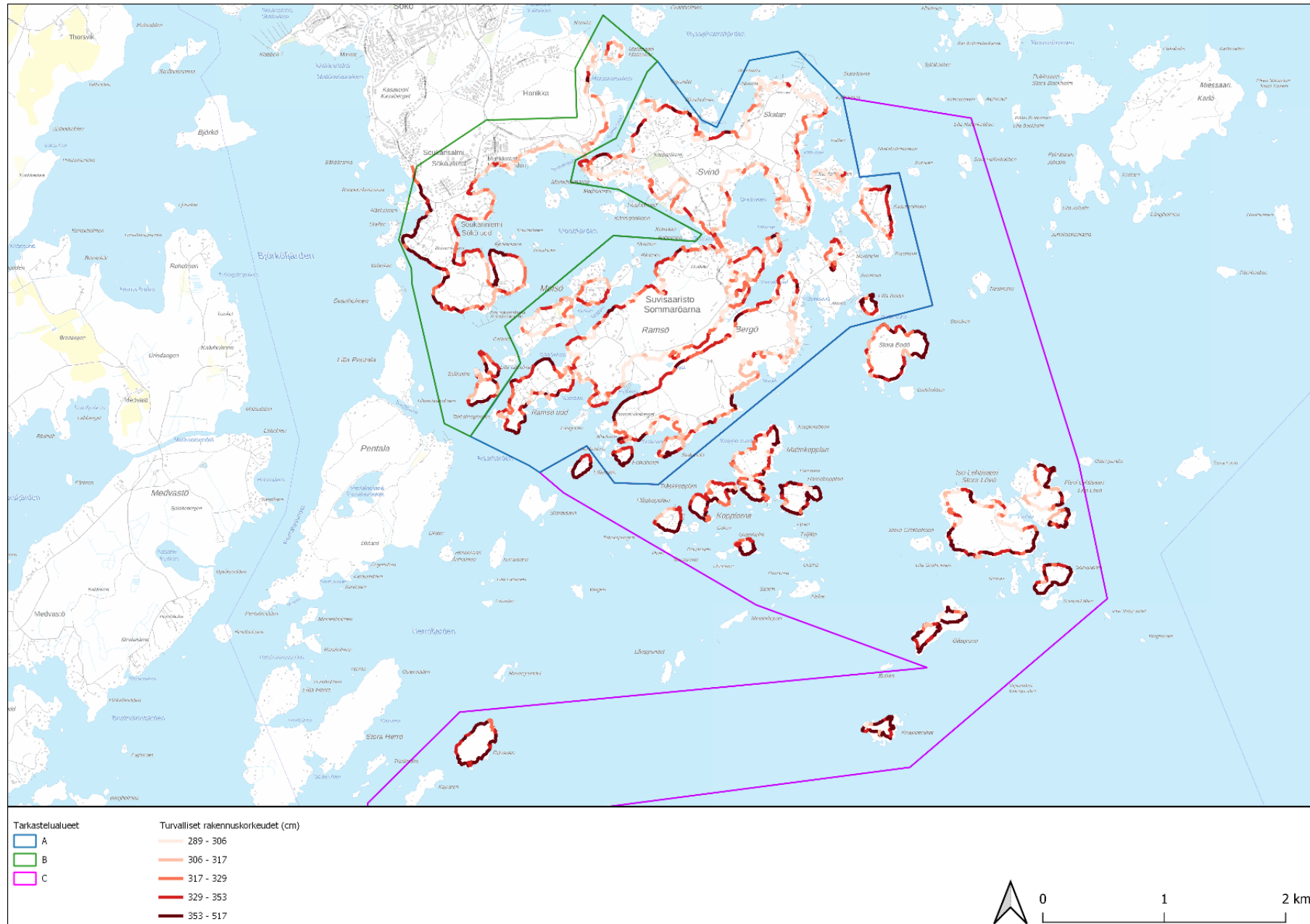
Liite 2. Pisteiden huomiot ja muutokset
pyyhkäisymatkaan

18.12.2023



Liite 3. Turvalliset rakennuskorkeudet 2,8 m korkeuskäyrällä

18.12.2023



Liite 4. Mitattuun aallonkorkeuteen liittyvät tarkastelupisteet

18.12.2023

