

## Notat vedrørende fejl i havvandsversvømmelseskort anvendt til skadesøkonomiske beregninger i projekterne DK2020 og Fremtidens Havn

### Introduktion

Vi er i Team Data blevet opmærksomme på, at der er foretaget en fejl i databehandlingen i forbindelse med udarbejdelsen af havvandsversvømmelsesdata, som vi bruger til at lave skadesøkonomiske beregninger ud fra.

Fejlen består grundlæggende i, at der ud fra den anvendte metode ikke er blevet beregnet en korrekt vanddybde pr. pixel/celle i oversvømmelsesdatasættene/-kortene. Vanddybden pr. pixel er vigtig for de skadesøkonomiske modelberegninger, da udregningen delvist styres af vanddybden, der bruges som et højdemål for, hvor meget bygninger m.m. står under vand. Generelt gælder det, at jo større vanddybden er, jo større vil det skadesøkonomiske overslag blive.

I dette notat opsummeres følgende:

1. Hvori består fejlen (teknisk)?
2. Hvor stor en skade har fejlen medført?
3. Hvad skal der til for at udbedre fejlen?

### Hvori består fejlen og hvordan er den opstået?

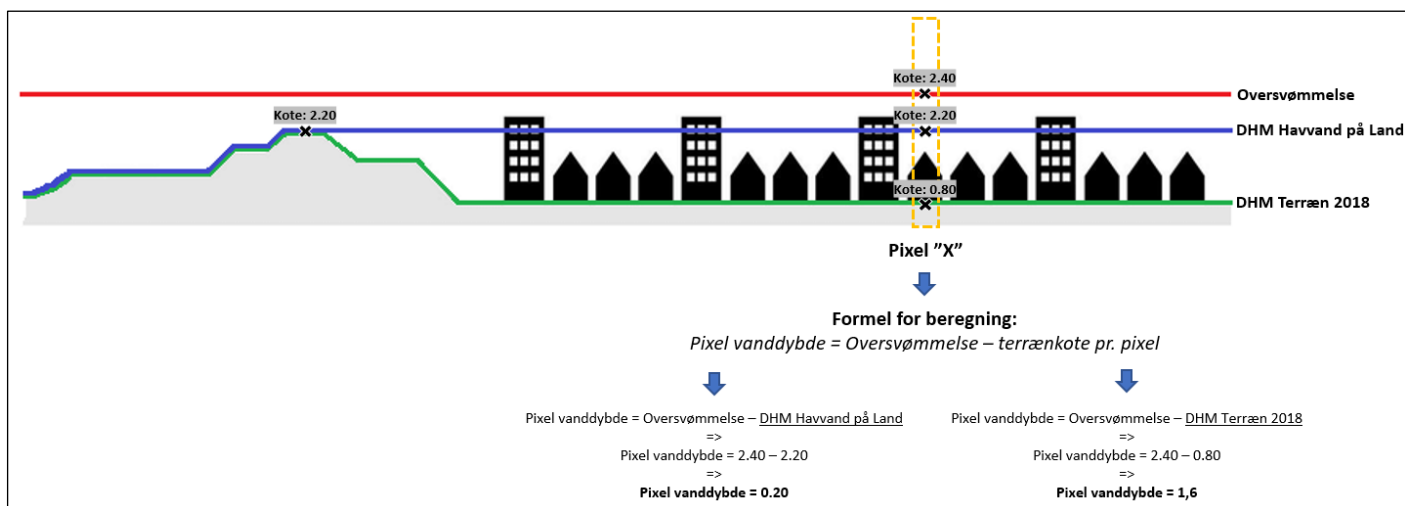
Vi er i Team Data blevet opmærksomme på, at vores forståelse af datasættet "DHM Havvand på Land" ikke er korrekt. Hver pixel i "DHM Havvand på Land" indeholder en *kote/elevationsværdi for det havvandstands niveau, der skal til for at den pågældende pixel oversvømmes*. Denne værdi vil i nogle tilfælde være den samme som den korrekte terrænkote/elevationsværdi for den pågældende pixel, men kun såfremt oversvømmelsen følger en kontinuerlig stigning i terrænet uden højdeforstyrrelser.

Datasættet "DHM Terræn" fra SDFE indeholder de korrekte terrænkoter/elevationsværdier afmålt som "X" meter over normal vandstand.

Bemærk at pixels i "DHM Havvand på Land" og "DHM Terræn" ligger nøjagtigt ovenpå hinanden, og at man derfor også kan anskue pixelstrukturen som et ensartet grid, hvor forskellen mellem de to datasæt er værdien i de enkelte grid-felter/pixels.

Betydningen af forskellen på "DHM Havvand på Land" og "DHM Terræn" er forsøgt afbilledet i et tænkt tværprofil i figur 1, hvor der tages afsæt i en oversvømmelse på 2,40 meter (rød linje), dette svarer til en 100 årshændelse i år 2100 for det sydfynske øhav.

De to DHM-modeller "DHM Havvand på Land" (blå linje) og "DHM Terræn" (grøn linje) er begge afbilledet i et landskab, hvor oversvømmelsen skal passere en højderyg i kote 2.20, for herefter at falde til kote 0.80. Forskellen på de to linjer består i, at "DHM Havvand på Land" ikke følger landskabets nedstigning i sine pixelværdier, da forudsætningen for oversvømmelsen af pixels længere indlands er, at kote 2.20 overstiges. Pixelværdierne vil derfor herfra være minimum 2.20 meter indtil terrænet igen stiger op over denne kote. Eksempelberegningen af den fiktive "Pixel X" illustrerer ydermere, hvordan denne forskel har betydning for den endelige beregning af vanddybden.



**Figur 1:** Illustration af forskellen på de to datasæts (DHM Havvand på Land og DHM Terræn 2018) afbildning af "terræn".  
**DHM Havvand på Land:** Hver pixels/celles værdi afspejler den havvandstand, der skal til for at den pågældende pixel bliver oversvømmet. **DHM Terræn 2018:** Hver pixels/celles værdi viser den målte terrænkote.

Selvom "DHM Havvand på Land" ikke kan bruges direkte til at udlede vanddybder, er det dog stadig et vigtigt datasæt for den samlede databearbejdning og udarbejdelsen af et korrekt vanddybde-datasæt til skadesøkonomiværktøjet. "DHM Havvand på Land" skal bruges til at få en korrekt geografisk udbredelse for, hvor meget af landskabet, der rent faktisk oversvømmes ved en given havvandstand.

Det er således dette datasæts primære funktion at skulle fungere som en geografisk områdeafgrænsning for udpegningen af, hvilke pixels i den korrekte terrænmodel "DTM Terræn", der bliver oversvømmet. Disse udvalgte pixels kan herpå bruges til at måle en retvisende vanddybde pr. pixelenhed.

### Hvor stor en skade har fejlen medført?

For at analysere omfanget af fejlen, og hvilken betydning den har, er der taget afsæt i en systematisk måling af forskellene på pixelværdier mellem "DHM Havvand på Land" og "DHM Terræn" indenfor en bestemt geografiske afgrænsning og et bestemt klimascenarie.

Den geografiske afgrænsning og klimascenariet er i denne analyse fastsat som en oversvømmelse på 2.40 meter (dvs. en 100 årshændelse i år 2100 for det Sydfynske Øhav) i de 13 fokusområder for havvandsstigning fra DK2020-projektet. Dette er det værst tænkelige scenarie, som der er arbejdet ud fra i begge projekterne: DK2020 og Fremtidens Havn.

Den geografiske udbredelse af fejlagtige pixels (dvs. der hvor der kan isoleres en forskel mellem de to datasæt) indenfor de 13 fokusområder er visualiseret i kortbilag 1 - 13.

Denne analyse er udelukkende geospatial og indebærer således ikke en sammenstilling af forskellen mellem de eksisterende skadesøkonomiske overslag fra DK2020-projektet og eventuelle nye beregninger. Dette ville kræve yderligere og mere tidskrævende databehandling, hvor der skal differentieres mellem oversvømmelsens omfang for de to kyststrækninger. Det har været vurderingen, at en analyse og klarlægning isoleret set af, hvor mange og hvilke pixels der er behæftet med fejl, ville kunne give et tilstrækkeligt indblik i, hvor stor fejlens omfang er.

### Hvor mange pixels er målt forkert?

En metode til at illustrere, hvor omfattende fejlen er, kan helt lavpraktisk være at se på hvor mange pixels i det afgrænsede datasæt for fokusområderne, der indeholder en forskel og dermed også en fejlagtig værdi.

En fejlagtig værdi skal forstås sådan, at der har kunnet konstateres en forskel mellem værdien i den samme pixel på tværs af de to rasterdatasæt: oversvømmelsesudbredelse (DHM Havvand på Land) og den korrekte terrænmodel (DHM Terræn).

Det totale antal pixels for hele oversvømmelsens udbredelse er 4.997.802. Ud af disse ca. 5 mio. pixels viser det sig, at der findes indtil flere tilfælde, hvor der er en målbar forskel mellem værdierne i oversvømmelsens udbredelse (DHM Havvand på Land) og den korrekte terrænmodellen (DHM Terræn).

Tabel 1 opsummeres omfanget af fejlagtige pixels målt i antal pixels og procent. Forskellige bundgrænser for forskellen er fastsat for at udelukke, at der kan være tale om minutiøse forskelle affødt af databehandlingen af "DHM Havvand på Land" fra SDFE's side. Generelt bør vi dog antage, at så snart forskellen > 0 cm, så er der fejl i datasættet, upåagtet at fejlen skyldes den mere grundlæggende databehandlingsfejl, som beskrevet indledningsvist og visualiseret i figur 1.

Hvis vi følger antagelsen om, at alle forskelle > 0 cm mellem datasættene "DHM Havvand på Land" og "DHM Terræn" betyder at vi har lavet en fejl, så er 38% (ca. 40%) af pixelværdierne og dermed vanddybderne forkerte.

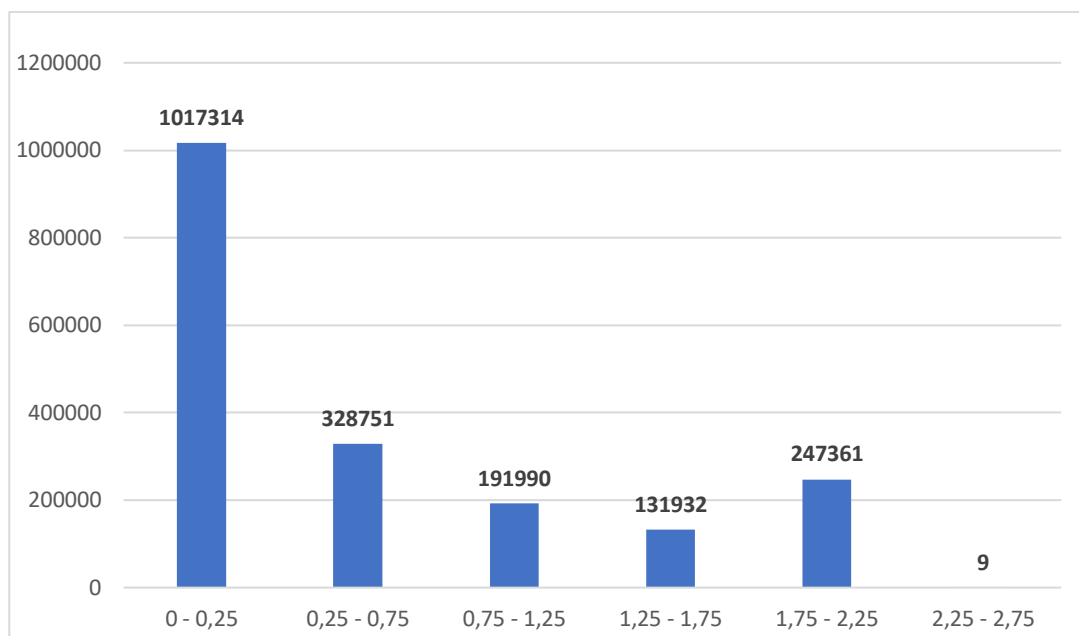
Forskellens bundgrænse	Antal	
	Pixels	%
Større end 0 cm	1.917.357	38
Større end 5 cm	1.350.263	27
Større end 10 cm	1.174.892	24

*Tabel 1: Summen af antal pixels indenfor fokusområderne, hvor der kan måles en forskel mellem DHM Havvand på Land (oversvømmelsens udbredelse) og DHM Terræn (den korrekte terrænmodel). Antallene er grupperet efter fastsættelsen af forskellige bundgrænser, som forklaret i brødteksten.*

### Hvordan fordeler de forkerte pixels sig målt på størrelsen af forskellen?

Hernæst kan vi se på hvor store forskellene mellem pixelværdierne i de to datasæt så rent faktisk er, og hvordan disse forskelle fordeler sig. Såfremt vi følger antagelsen om, at alle forskelle > 0 cm er et udtryk for en fejl, kan vi opstille et intervalinddelt histogram over datasættet som vist i figur 2.

I figur 2 kan vi f.eks. se, at 1.017.314 pixels (53 %) ligger indenfor størrelsesintervallet på 0 - 0,25 meter. Det betyder samtidigt, at de resterende 47 % af de 1.917.357 fejlbehæftede pixels (tabel 1), er beregnet forkert med mere end 25 cm.



Figur 2: Intervalinddelt histogram, der viser spredningen i størrelsen på forskellen mellem pixels i oversvømmelsens udbredelse (DHM Havvand på Land) og den korrekte terrænmodel (DHM Terræn).

Herudover kan fremhæves følgende relevante nøgletal:

- Middelværdien = 0,56 meter.  
Dette betyder, at en forkerte aflæst terrænkote i gennemsnit er målt 56 cm forkert.
- Minimumsværdien (den mindste forskel) =  $1,2 \cdot 10^7$  meter (0,00000012 meter).
- Maksimumsværdien (den største forskel) = 2,393 meter.  
Dette betyder, at der findes beregnede vanddybder, hvor hele dybden basalt set er forkert afmålt eftersom 2,4 meter er maksimummet i det analyserede eksempel.

### Hvad skal der til for at udbedre fejlen?

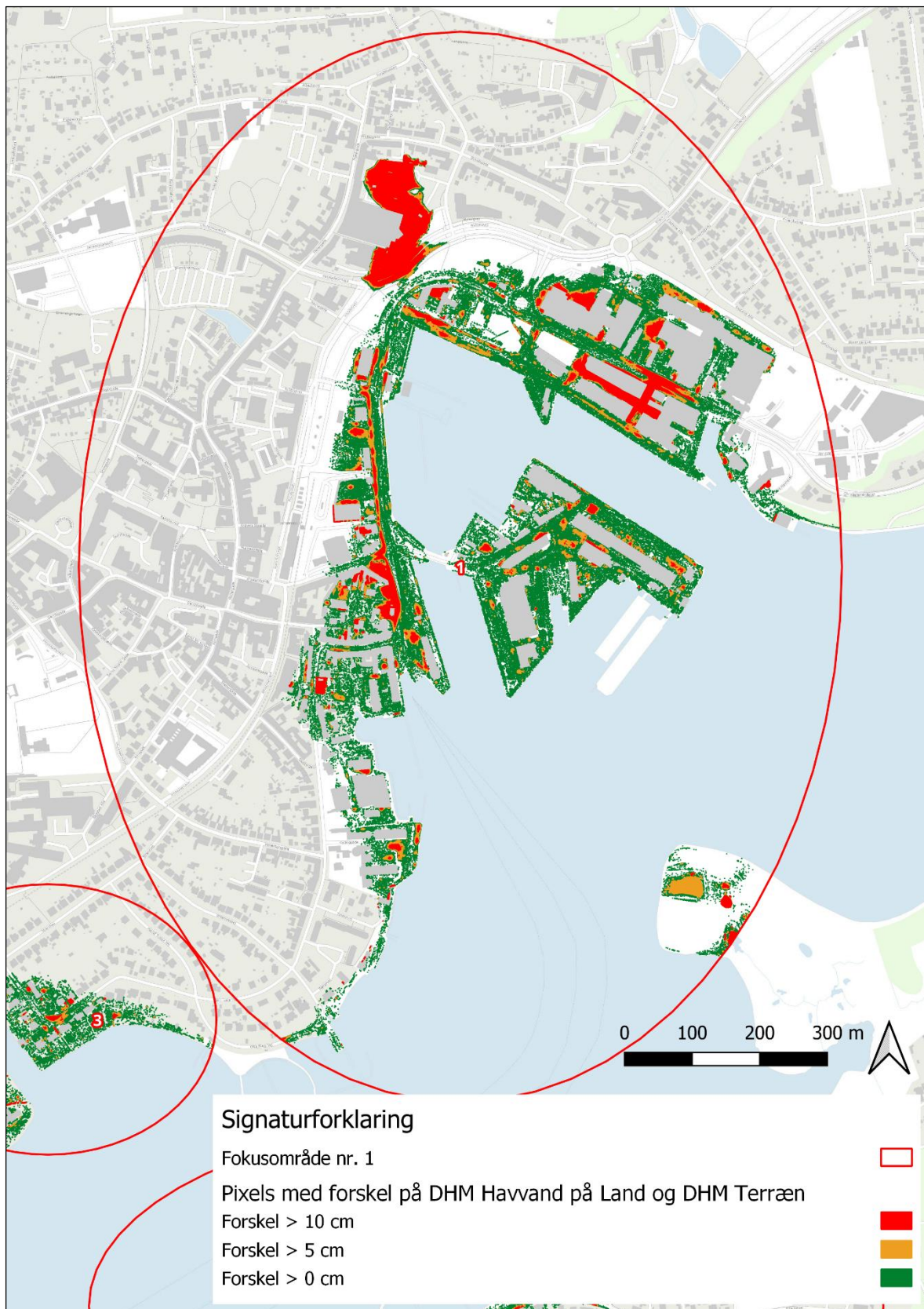
Som nævnt i de foregående afsnit, kan den eksisterende databearbejdning af datasættet "DHM Havvand på Land" stadig bruges for så vidt angår datasættets geospatiale kvalitet. Dette betyder også, at hele processen med udarbejdelse af oversvømmelseskort ikke skal startes helt forfra, men kan korrigeres med 4 tiltag:

1. Indledningsvist udtrækkes den korrekte terrænmodels (DHM Terræn) relevante pixels ved brug af "DHM Havvand på Land"-lagene, der bruges som maske for udtrækkene. Der vil i alt skulle foretages 9 udtræk:  
20, 50 og 100 årshændelser for hhv. nutid (2020), midtårhundrede (2050) og slutårhundrede (2100).  
DHM/Terræn kan hentes som filudtræk på [Dataforsyningen](#).
2. Herpå skal man med rasterberegneren i QGIS subtrahere de 9 nye udtræk fra havvandsstanden for det relevante klimascenarie, som illustreret i figur 1, for at finde frem til vanddybderne.

3. De 9 rasterdatasæt med vanddybde skal nu vektoriseres med QGIS algoritmeværktøjet *Rasterpixels til polygoner*. Hvis mængden af pixels er for stor, skal datasættene interpoleres med *r.resamp.interp*.
4. Til slut foretages nye skadesøkonomiske beregninger og udtræk.

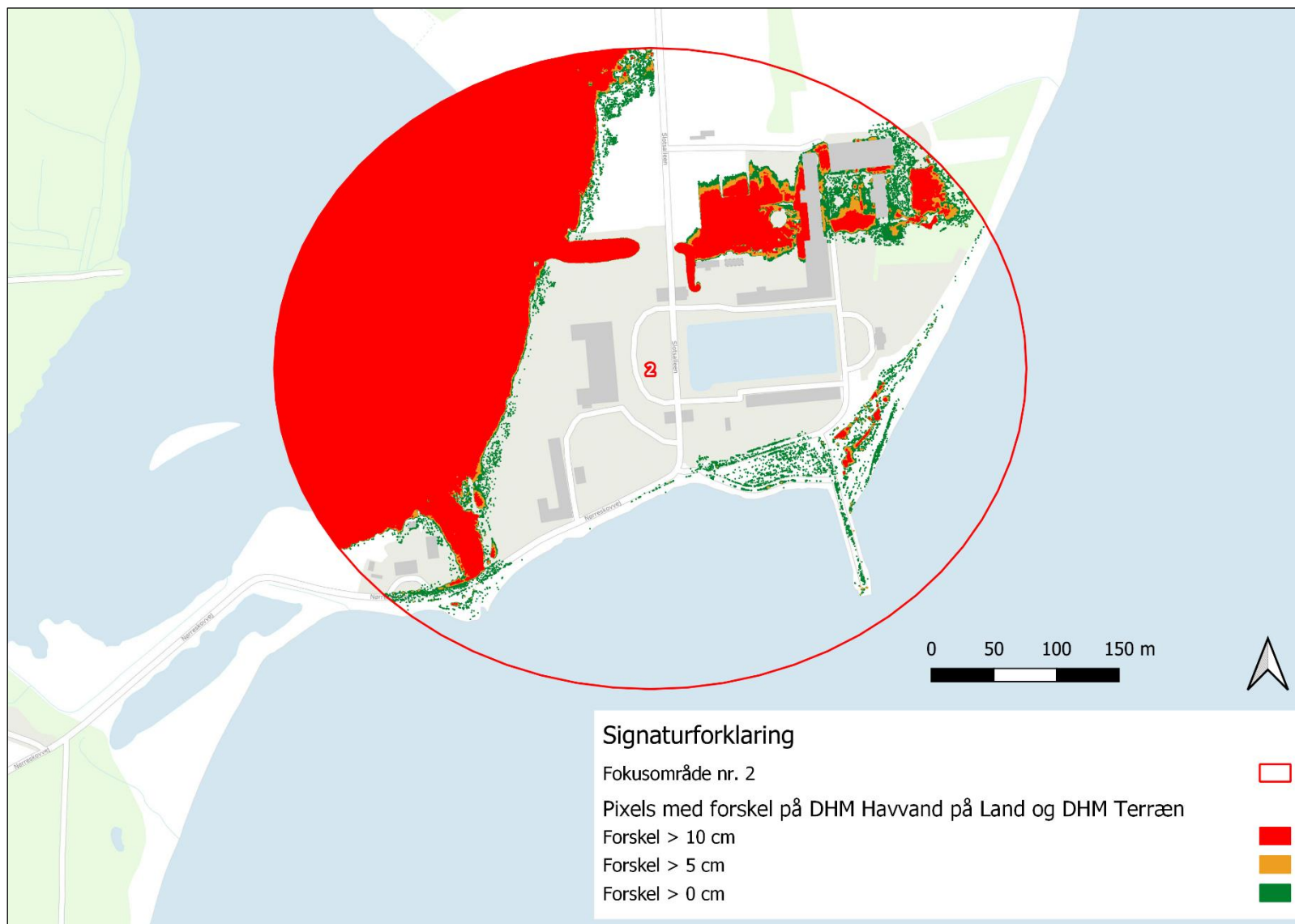
Der har indtil videre været meget store usikkerheder i forbindelse med tidsestimeringen af arbejdet med klimadata, grundet uforudsete problemstillinger undervejs. Det forventes derfor også at være tilfældet i forbindelse med gennemførslen af de 4 ovennævnte punkter. Dette in mente vurderer jeg, at en korrektion af datasættet og de skadesøkonomiske beregninger vil tage samlet set 7 - 14 dage intensivt arbejde.

## Kortbilag 1

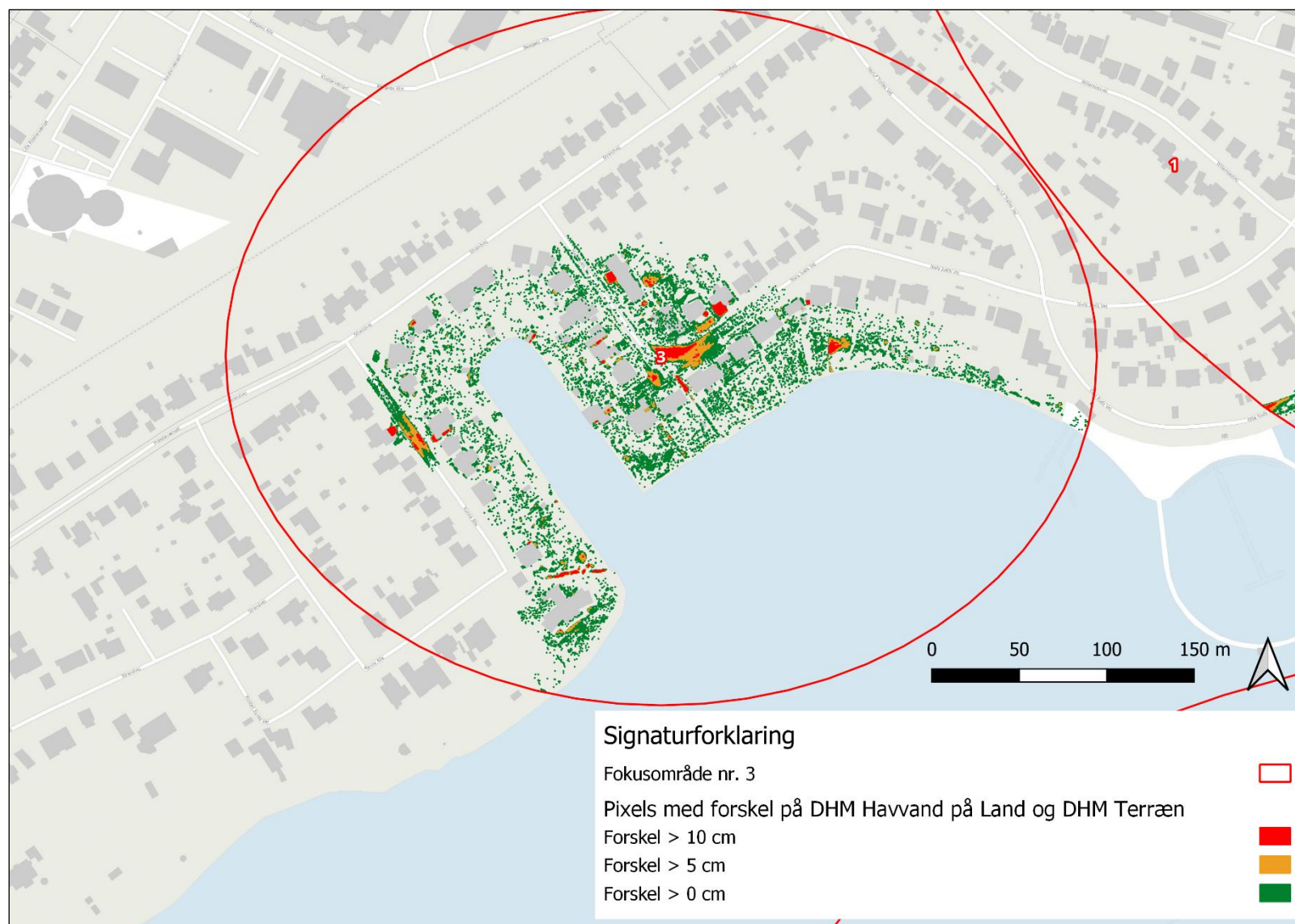




## Kortbilag 2

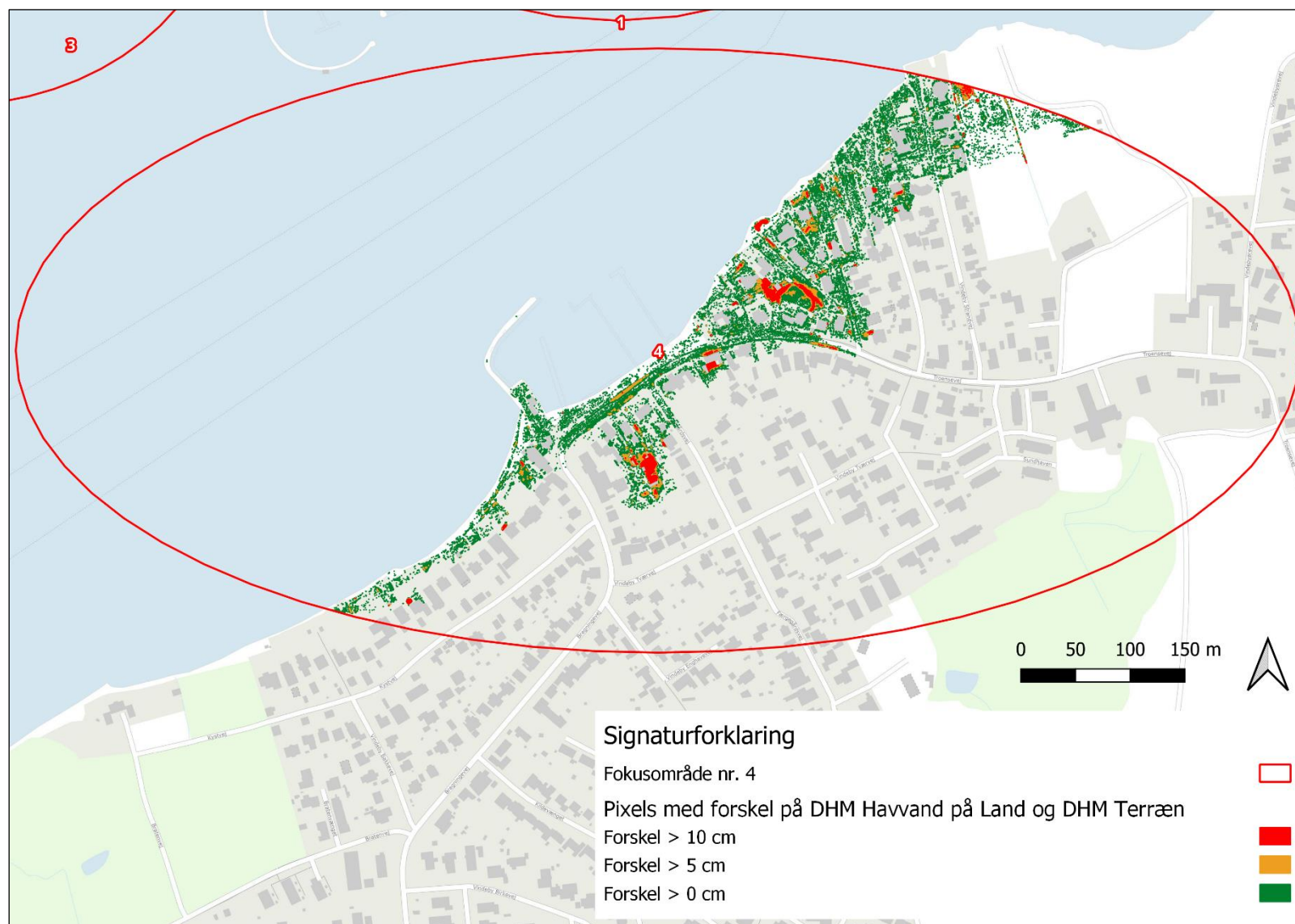


### Kortbilag 3

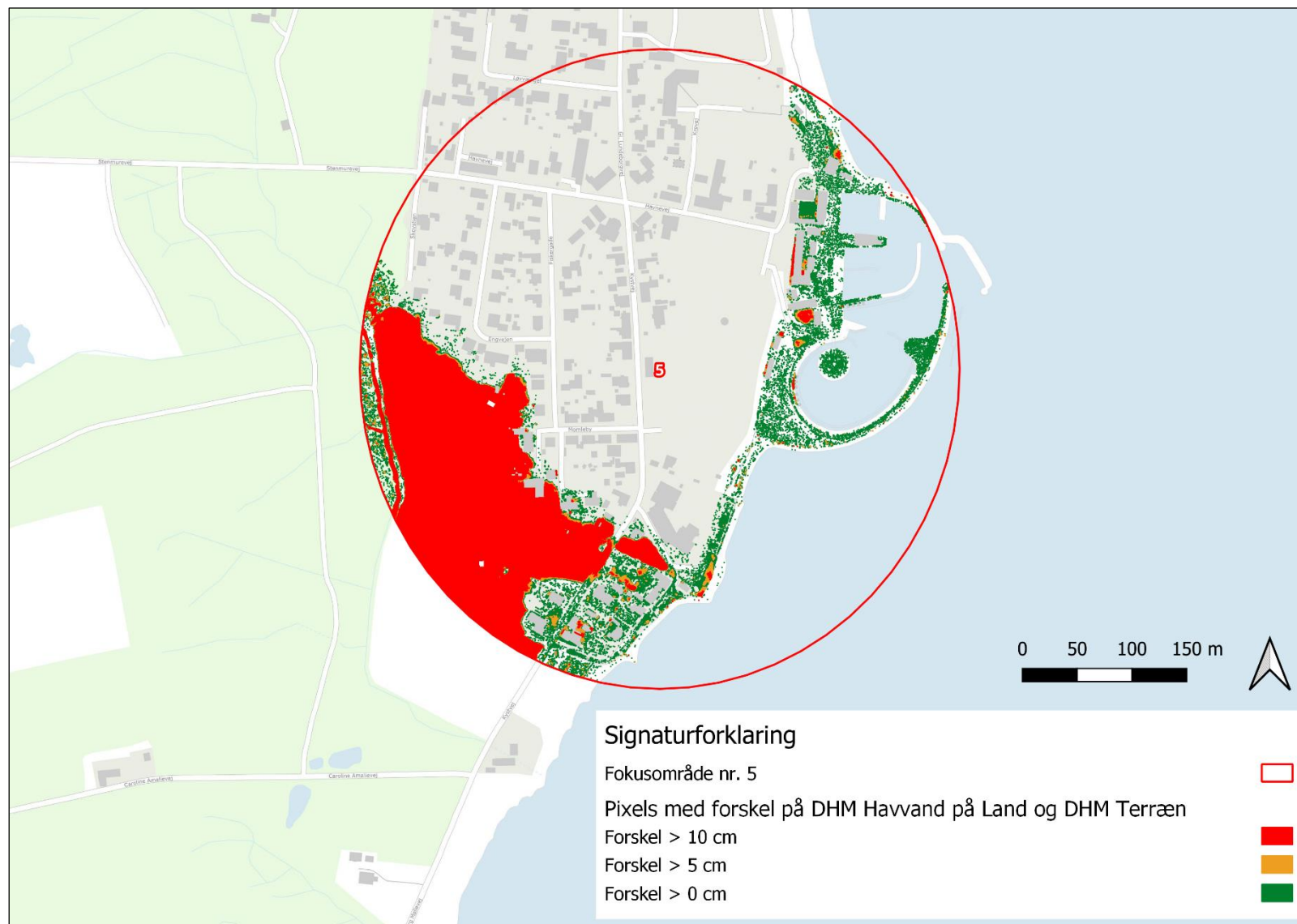




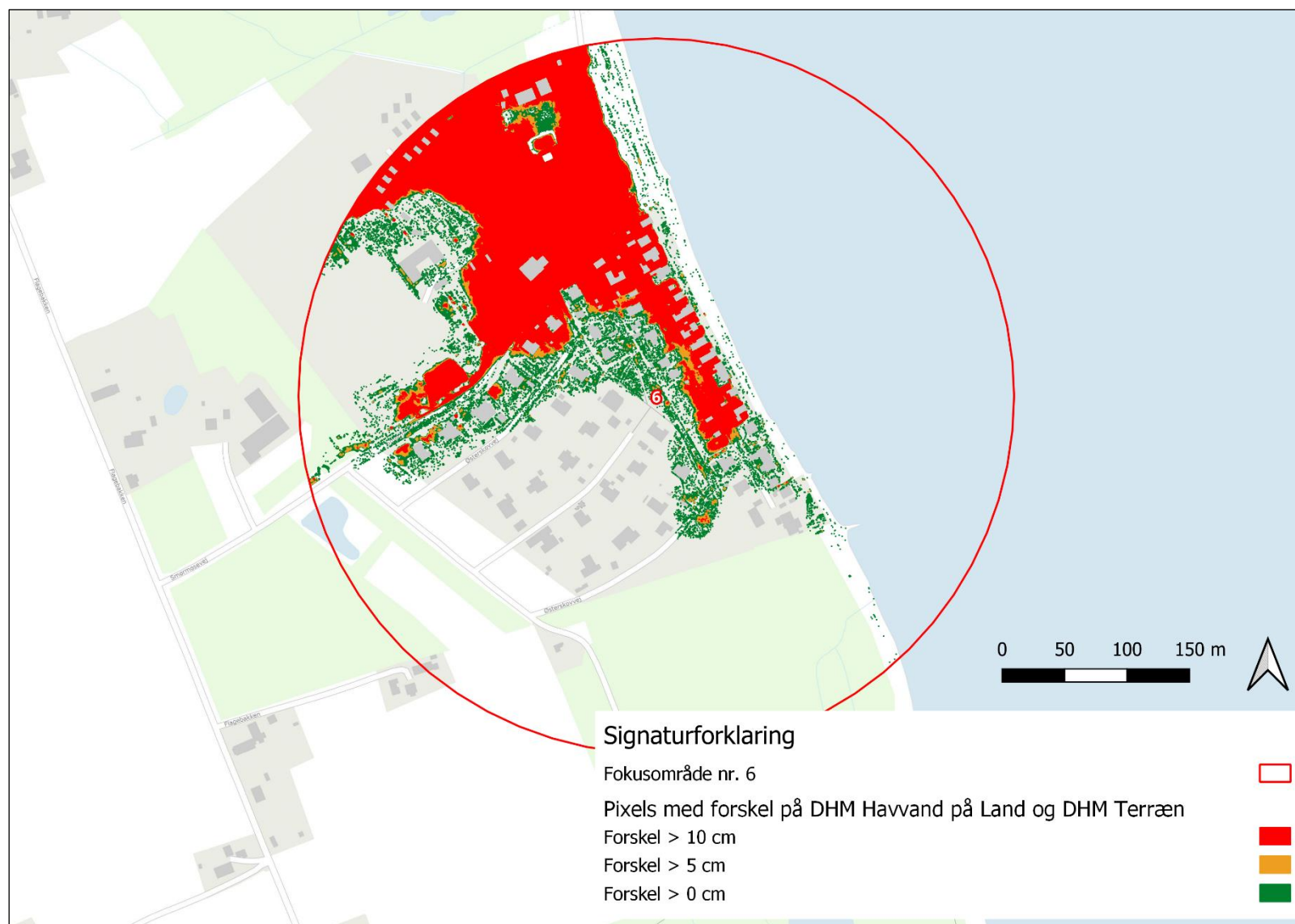
## Kortbilag 4



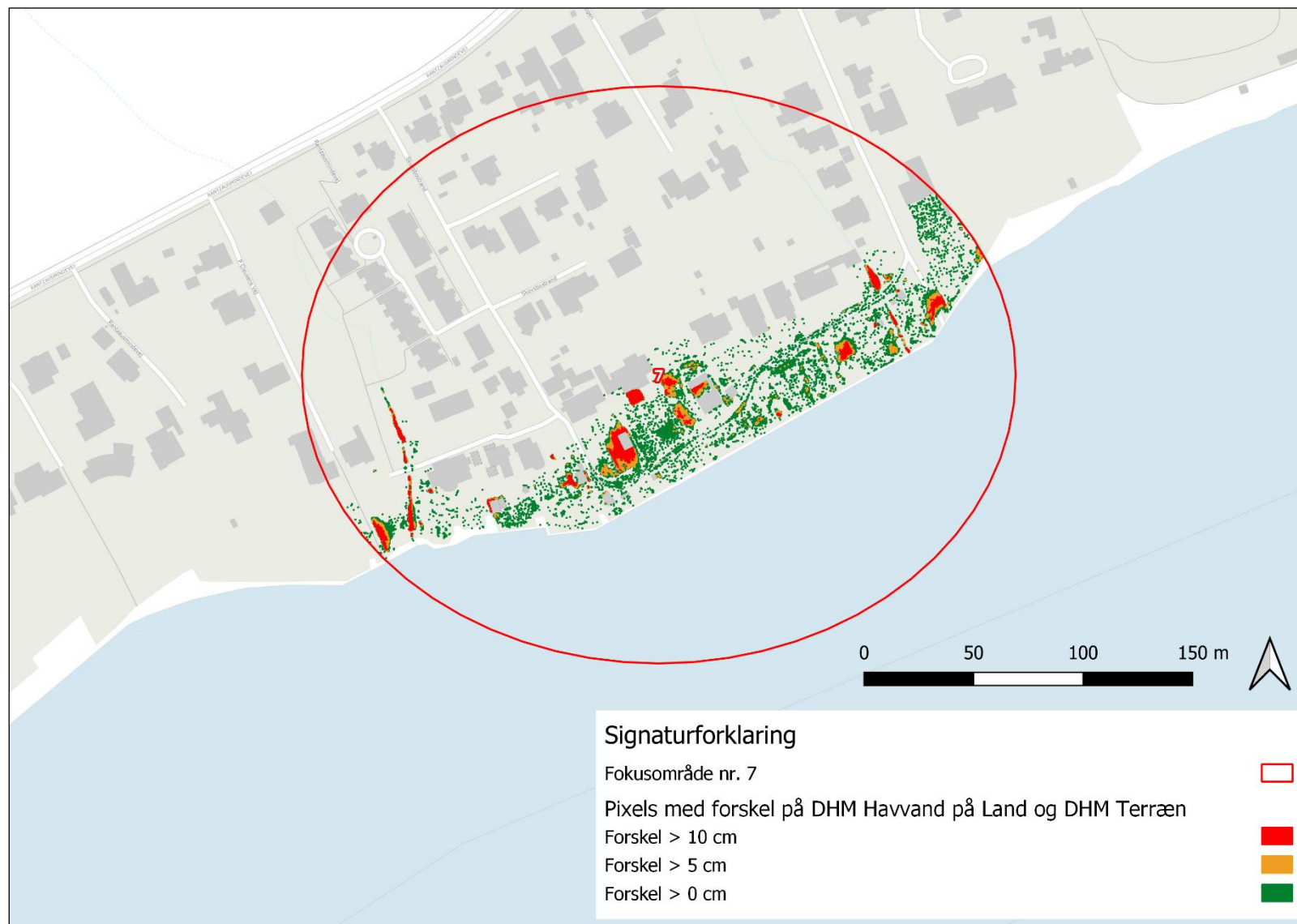
## Kortbilag 5



## Kortbilag 6

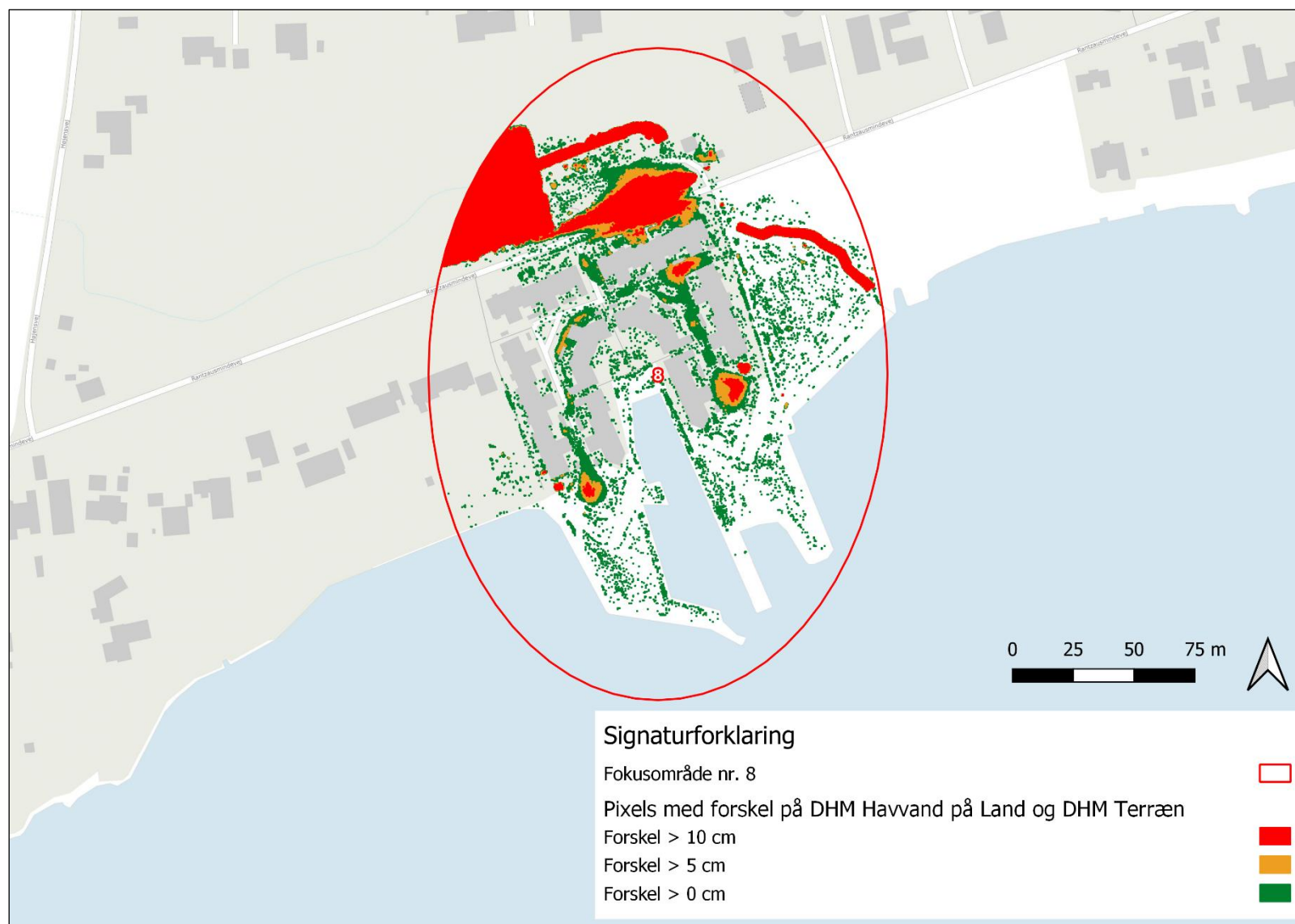


## Kortbilag 7



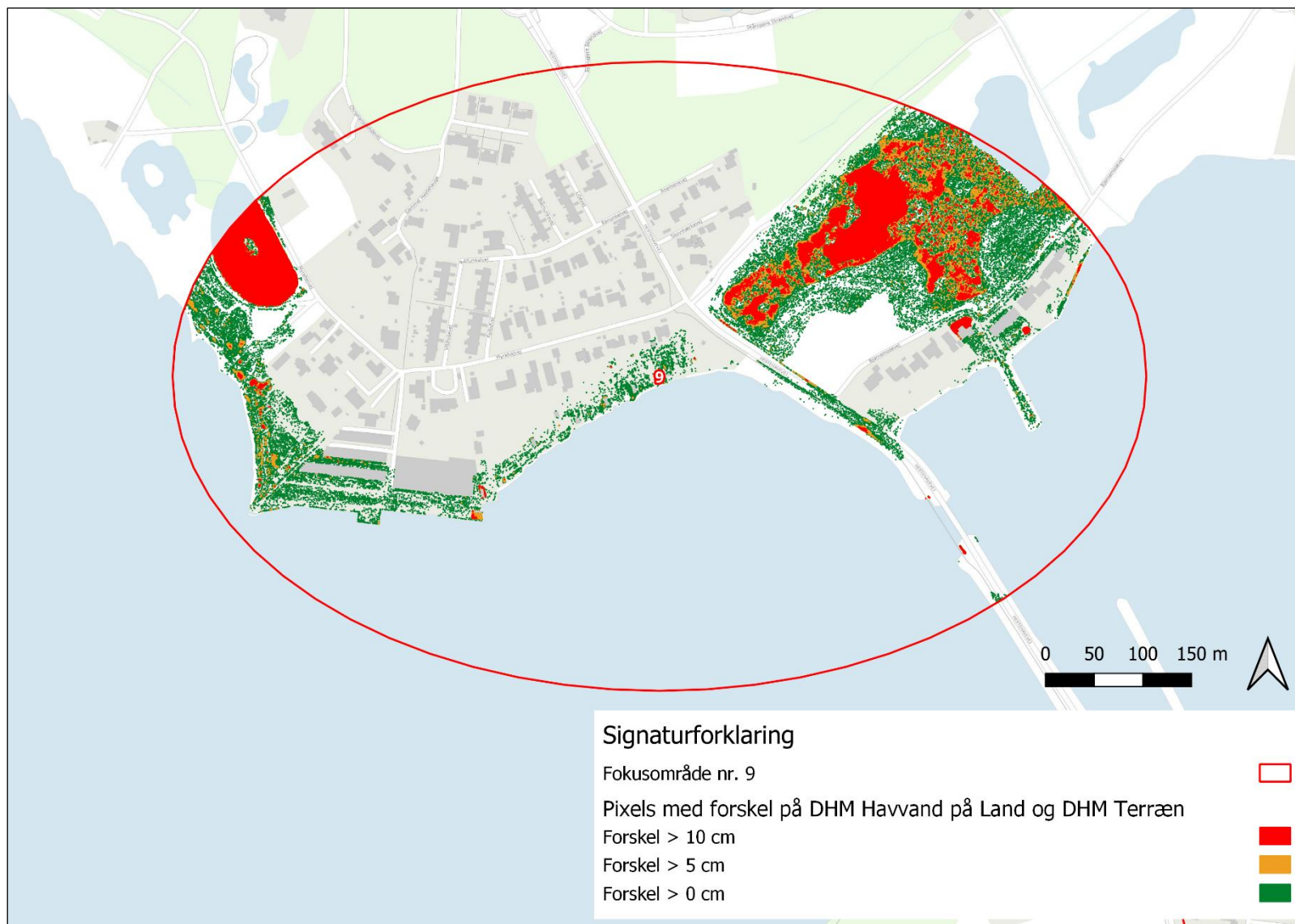


## Kortbilag 8





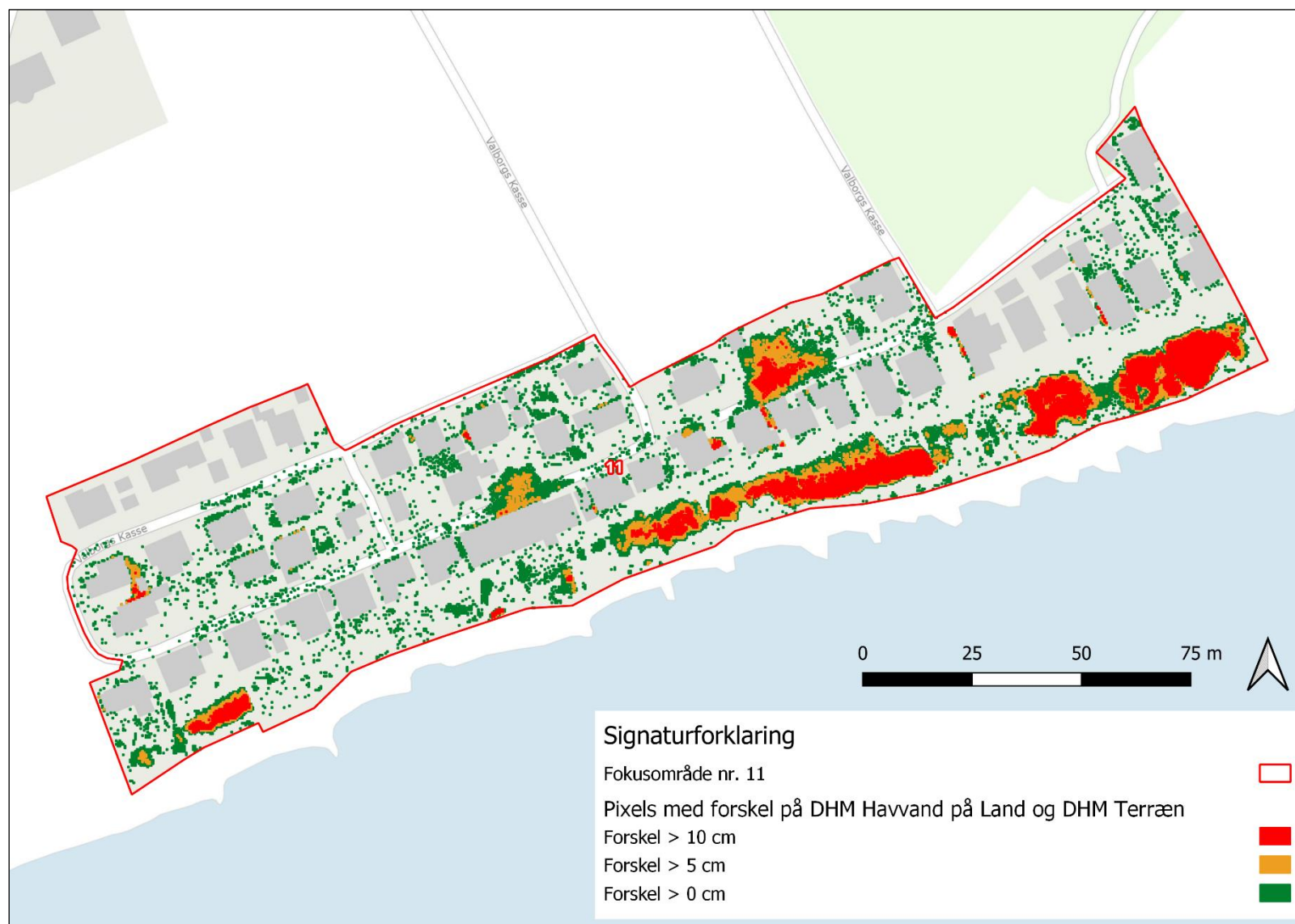
## Kortbilag 9



## Kortbilag 10

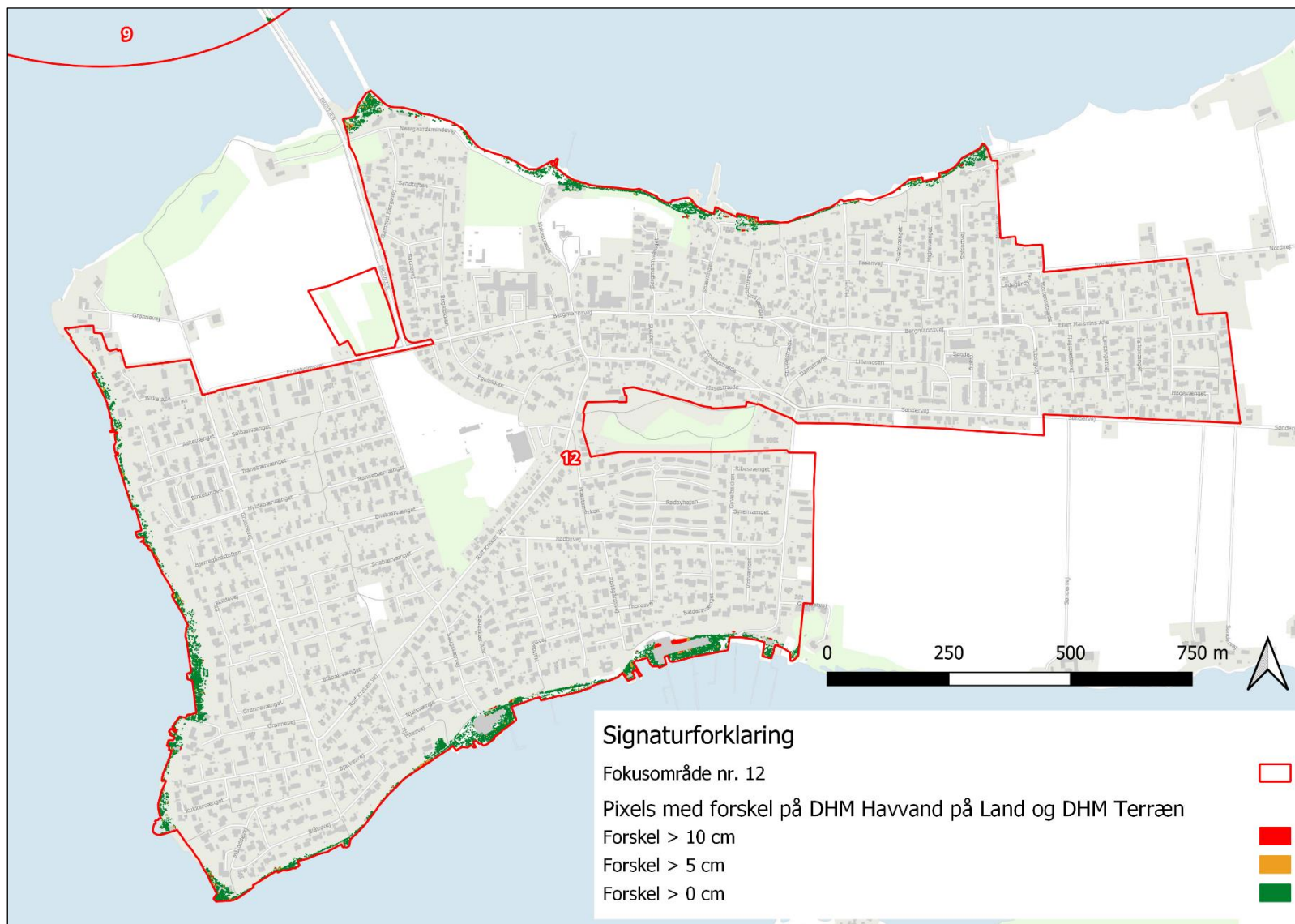


## Kortbilag 11





## Kortbilag 12



## Kortbilag 13

