

Avsedd för
Stadsbyggnadskontoret i Göteborg

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2014-06-05

Revision
1

HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG

**INVALLNING OCH PORTAR SOM SKYDDSÅTGÄRD MOT
EXTREMT HÖGVATTEN I HAVET ÅR 2100 FÖR MÖLNDALSÅN
OCH SÄVEÅN**

SIMULERINGSUPPDRAG 3A



HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG SIMULERINGSUPPDRAK 3A

Revidering	1
Datum	2014-06-05
Utfört av	Henrik Thorén, Jesper Aarosiin Hansen
Kontrollerad av	Bo Granlund
Godkänd av	Tora Lindberg
Beskrivning	Invallning och portar som skyddsåtgärd mot extremt högvatten i havet år 2100

Ref. 1320001782-004

Document ID

Version

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Bakgrund	1
2.	Beräkningar	2
3.	Modelluppbyggnad	6
3.1	Generellt	6
3.2	Simuleringsuppdraget	6
3.3	Portar och skyddsvallar	11
3.3.1	Styrningsstrategi för portar	11
3.3.2	Skyddsvallar	11
3.3.3	Åtgärdsförslag	14
3.3.4	Åtgärdsförslag 1	14
3.3.5	Åtgärdsförslag 2	21
3.3.6	Resurser och tidsåtgång för etablering av mobila skyddsvallar	22
4.	Kalibrering	24
5.	Resultat	27
5.1	Generellt	27
5.2	Lågpunkter och riskområden	28
5.3	Pumpning	35
5.4	Stängningstid för portar	36
5.5	Kritiska objekt	37
6.	Diskussion och Slutsater	38
7.	Rekommendationer	39

BILAGOR

Bilaga 1

Redovisning av kritiska objekt

1. BAKGRUND

Syftet med simuleringsuppdrag 3a är att klargöra om etablering av skyddsvallar och portar kan minska Göteborgsområdets sårbarhet för översvämningar utefter Säveån, Mölndalsån och området längs Göta Älv mellan Säveåns och Lärjeåns utlopp. Området är i projektet definierat som Område B. Kartläggningen genomförs med förutsättningen att havsvattennivån når en framtida extrem nivå (år 2100), samtidigt som det är normalflöde respektive högflöde i tillrinnande åar. För att skydda områdena mot översvämningar etableras skyddsvallar och portar enligt två olika åtgärdsförslag:

- **Åtgärdsförslag 1:** Skyddsåtgärderna syftar till att bibehålla kritiska samhällsfunktioner
- **Åtgärdsförslag 2:** Skyddsåtgärderna syftar till att bibehålla förutsättningar för god livskvalitet för medborgarna

Till skillnad från Simuleringsuppdrag 2a genomförs simuleringarna för Mölndalsån och Säveån som en sammansatt modell.

Simuleringsuppdrag 3a är delvis vidareutvecklat i förhållande till den ursprungliga beskrivningen. Två scenarier är borttagna eftersom de inte ansågs relevanta att genomföra. Istället har två nya scenarier introducerats där även pumpar etableras för att hålla vattennivån nere bakom portarna på grund av det tillrinnande flödet från Mölndalsån.

2. BERÄKNINGAR

I simuleringsuppdrag 3a har 11 simuleringar genomförts, se tabell 1 och tabell 2. Samtliga simuleringar motsvarar tänkbara väderscenarier hösten år 2100, då havet antas stiga till en extrem nivå på +2,55 m RH2000 och sedan sjunka undan igen med peak på 26 respektive 10 timmar. Simuleringarna genomförs både för medelflöde och högflöde i tillrinnande åar. Detta kombineras även med att hålla portarna öppna respektive stängda, samt att etablera pumpstationer för att hålla nivån nere bakom portarna.

Kart bilaga	Scenario	Modell	Åtgärds förslag	Peak	Flöde	Portar	Pumpar
44	B_Å1_MQ2100_26t_S	B_311	Å1	26 t	Medel	Stängda	Nej
45	B_Å1_HQ2100_26t_S	B_312	Å1	26 t	Hög	Stängda	Nej
46	B_Å1_MQ2100_10t_S	B_313	Å1	10 t	Medel	Stängda	Nej
47	B_Å1_HQ2100_10t_S	B_314	Å1	10 t	Hög	Stängda	Nej
48	B_Å1_MQ2100_10t_Ö	B_315	Å1	10 t	Medel	Öppna	Nej
49	B_Å1_HQ2100_10t_Ö	B_316	Å1	10 t	Hög	Öppna	Nej
50	B_Å1_HQ2100_26t_S_P26	B_317	Å1	26 t	Hög	Stängda	26 m ³ /s

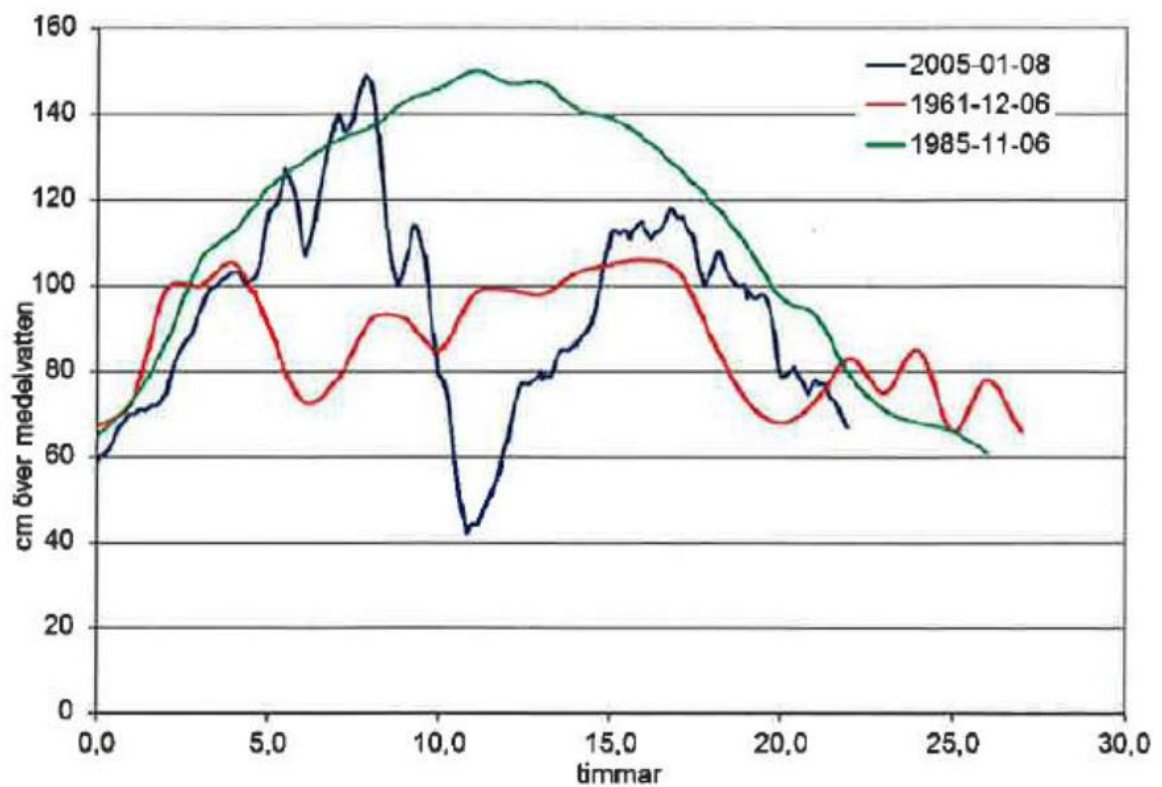
Tabell 1 Översikt av simuleringar som är genomförda för åtgärdsförslag 1

Kart bilaga	Scenario	Modell	Åtgärds förslag	Peak	Flöde	Portar	Pumpar
51	B_Å2_MQ2100_26t_S	B_321	Å2	26 t	Medel	Stängda	Nej
52	B_Å2_HQ2100_26t_S	B_322	Å2	26 t	Hög	Stängda	Nej
53	B_Å2_MQ2100_10t_S	B_323	Å2	10 t	Medel	Stängda	Nej
54	B_Å2_HQ2100_10t_S	B_324	Å2	10 t	Hög	Stängda	Nej

Tabell 2 Översikt av simuleringar som är genomförda för åtgärdsförslag 2

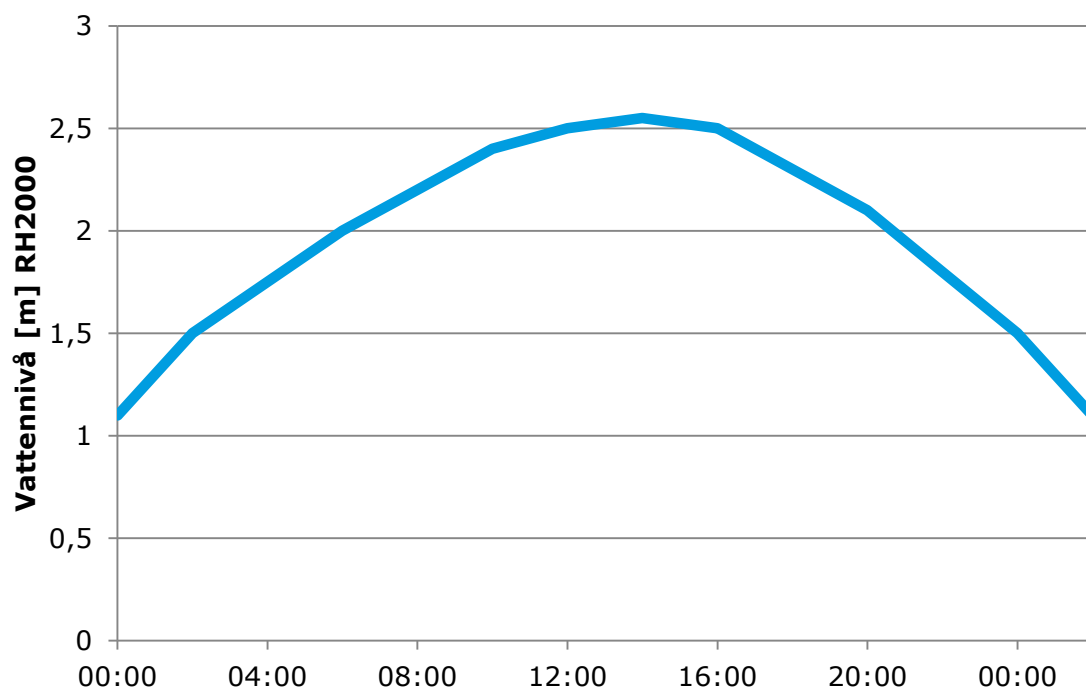
Vattennivån i havet varierar under simuleringen och den hänvisas hädanefter som "havsnivåpeak". Den simulerade havsnivåpeaken representerar en högvattensituation i form av en 200 års nivå år 2100 utifrån förväntad klimatutveckling. Förloppet baseras på en verklig högvattensituation som inträffade den 6:e november 1985 vid Torshamnen, se figur 1. Förloppet från 1985 startar 65 cm över medelvattenståndet och når den maximala nivån ca. 150 cm över medelvattenståndet efter ca 12 timmar. Den havsnivåpeak som används vid simulering startar på +1,50 m, vilket motsvarar den verkliga peakens startvärde på 65 cm plus den framtida havsnivå stigningen till år 2100 på 70 cm plus compensation för att normalvattenståndet vid Rosenlund/Eriksberg ligger ca +0,15 m över nivån vid Torshamnen. Den maximala nivån i den modifierade peaken baseras på SMHI:s uppskattningar för vattenståndets 200 års värde år 2100 vilket motsvarar +2,55 m och har beteckningen "HHW år 2100", se figur 2.

För att studera effekter av högvattenperiodens längd har simuleringar genomförts med två olika längd på havsnivåpeaken, den långa peaken varar i 26 timmar och den korta i 10 timmar, se figur 2 respektive figur 3. Den kortare peaken på 10 timmar motsvarar varaktigheten av den första delen av en högvattensituation likt den som inträffade den 8:e januari 2005, se figur 1.

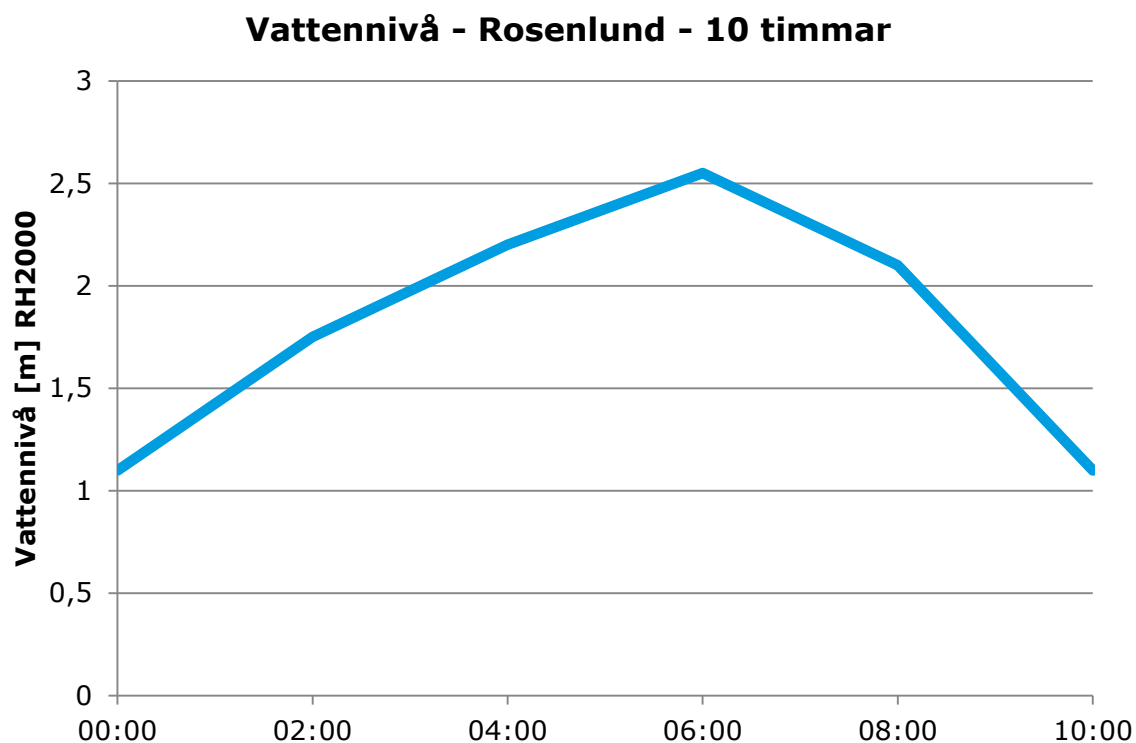


Figur 1 Uppmätt havsvattenstånd i Torshamnen vid tre olika tillfällen. (Klimatanalys för Västra Götalands län, SMHI 2011)

Vattennivå - Rosenlund - 26 timmar



Figur 2 Den modifierade tidsserien för havsnivåpeak enligt kurva från 1985-11-06 som används som randvillkor. Denna version är modifierad för att vara i 26 timmar.



Figur 3 Den modifierade tidsserien för en kortare peak som bygger på händelse från 1985-11-06 och som används som randvillkor. Denna version är modifierad för att vara i 10 timmar.

För de olika scenarierna ansätts förutbestämda flöden som randvillkor i MIKE 11 och MIKE 21 modellen, se tabell 3. Dessa randvillkor är framtagna baserade på SMHI:s uppskattning av flöden i älven och åarna.

SMHI's klimatanalys¹ för Västra Götaland visar i figur 5.4-5 och 5.4-6 att medelflödet för både Mölndalsån och Säveån är oförändrat år 2100. Figurerna visar dock att medelvattenföringen år 2100 vintertid blir 30-50 % högre än dagens medelvattenföring. Detta säger egentligen inte något om förändringen i höglödessituationer, eftersom SMHI inte har analyserat detta. Ett rimligt antagande, som också diskuterats med SMHI (Jonas German), är att anta samma förändring för medelvattenföringen vintertid, eftersom ett tvåårs flöde inte är att betrakta som extremt. Flödesstatistik från vattenweb.smhi.se för Mölndalsån visar att högflöde med tvåårs återkomsttid är 20,3 m³/s. Högflödet för Mölndalsån år 2100 blir därmed omkring 26 m³/s med en 30 % ökning. Motsvarande för Säveån, som idag har ett högflöde på 53 m³/s, ger ett högflöde på omkring 70 m³/s för Säveån år 2100 med en 30 % ökning.

För de avrinningsområde som är definierade i MIKE Urbanmodellen används en konstant regnintensitet på 65 mm/dygn, vilket motsvarar ett 10 års regn fördelat på ett dygn.

¹ <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/klimatanalys-smhi-vastragotaland.pdf>

Flöde	Vattendrag	Beteckning	Värde
Medel	Mölndalsån	MQ2100	4,2 m ³ /s
Medel	Säveån	MQ2100	20,9 m ³ /s
Medel	Göta Älv	MQ2100	190 m ³ /s
Hög	Mölndalsån	HQ2100	26 m ³ /s
Hög	Säveån	HQ2100	70 m ³ /s
Hög	Göta Älv	HQ2100	285 m ³ /s

Tabell 3 Översikt av flöde i åarna/älven som används vid simulering

3. MODELLUPPBYGGNAD

3.1 Generellt

För modelluppbyggnad används en eller flera delmodeller. Modellerna kan kopplas ihop två-och-två eller tre-och-tre. Ändamålet med simuleringsuppdraget avgör vilken typ av modell som ska användas.

Ledningsnätsmodell (1D)

För att beskriva urbana avrinningsområden och vattenföring i avloppsledningar används en **MIKE Urban** modell. En MIKE Urban modell innehåller hydrologiska avrinningsområden. Dessa avrinningsområden byggs företrädesvis upp utifrån fastighetskartan, eftersom de flesta fastigheter har en och samma kopplingspunkt till de kommunala avloppsledningarna. Större fastigheter kan ha flera anslutningspunkter till de kommunala avloppsledningarna. Om information finns angående anslutningspunkterna kan därmed större fastigheter delas upp utifrån hur stor andel av fastigheten som är anslutet till varje punkt.

I MIKE Urban modellen kan även avloppssystemet beskrivas. I modellen beskrivs nedstigningsbrunnar, avloppsledningar, utlopp, bräddavlopp, pumpstationer, spjäll och backventiler.

Vattendragsmodell (1D)

För att beskriva vattenföring i vattendragen används en **MIKE 11** modell. I MIKE 11 modellen beskrivs vattendragets sträckning och med jämna mellanrum definieras vattendragets tvärsnittsytta. Till modellen kan uppströms- och nedströmsrandvillkor kopplas, såsom flöde eller vattennivå.

Urban översvämningsmodell (2D)

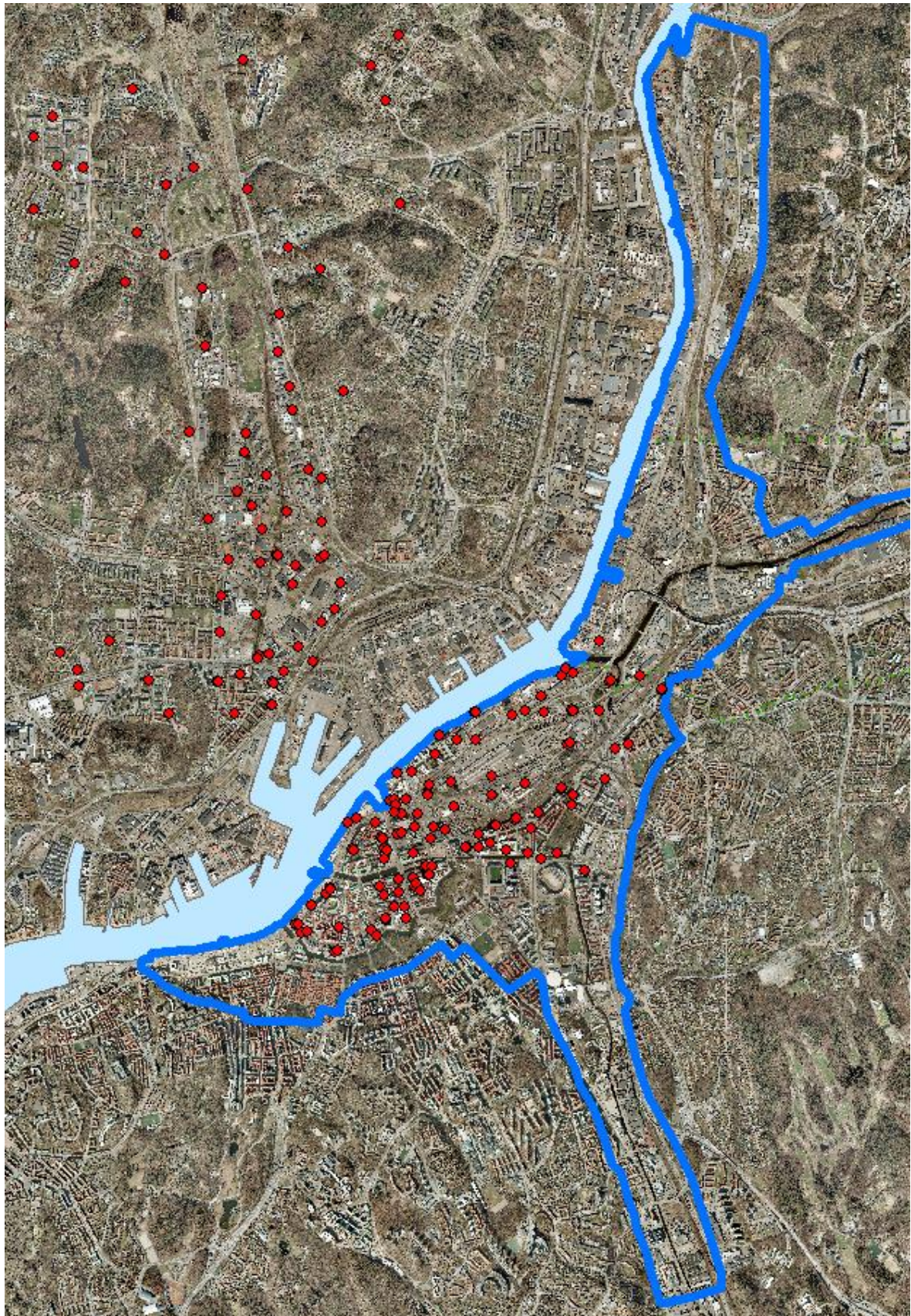
För att beskriva vattenströmning på markytan används en **MIKE 21** modell. Till skillnad från ledningsnätsmodellen och vattendragsmodellen beskriver MIKE 21 modellen strömning i två riktningar. MIKE 21 modellen byggs upp utifrån en höjdmodell, som innehåller information om terrängens plushöjd på olika platser. MIKE 21 modellen som används är en s.k. Classic Grid, vilket betyder att modellen är uppbyggd av celler i ett raster. För varje cell finns den genomsnittliga höjden som täcks av cellområdet.

Kopplad modell

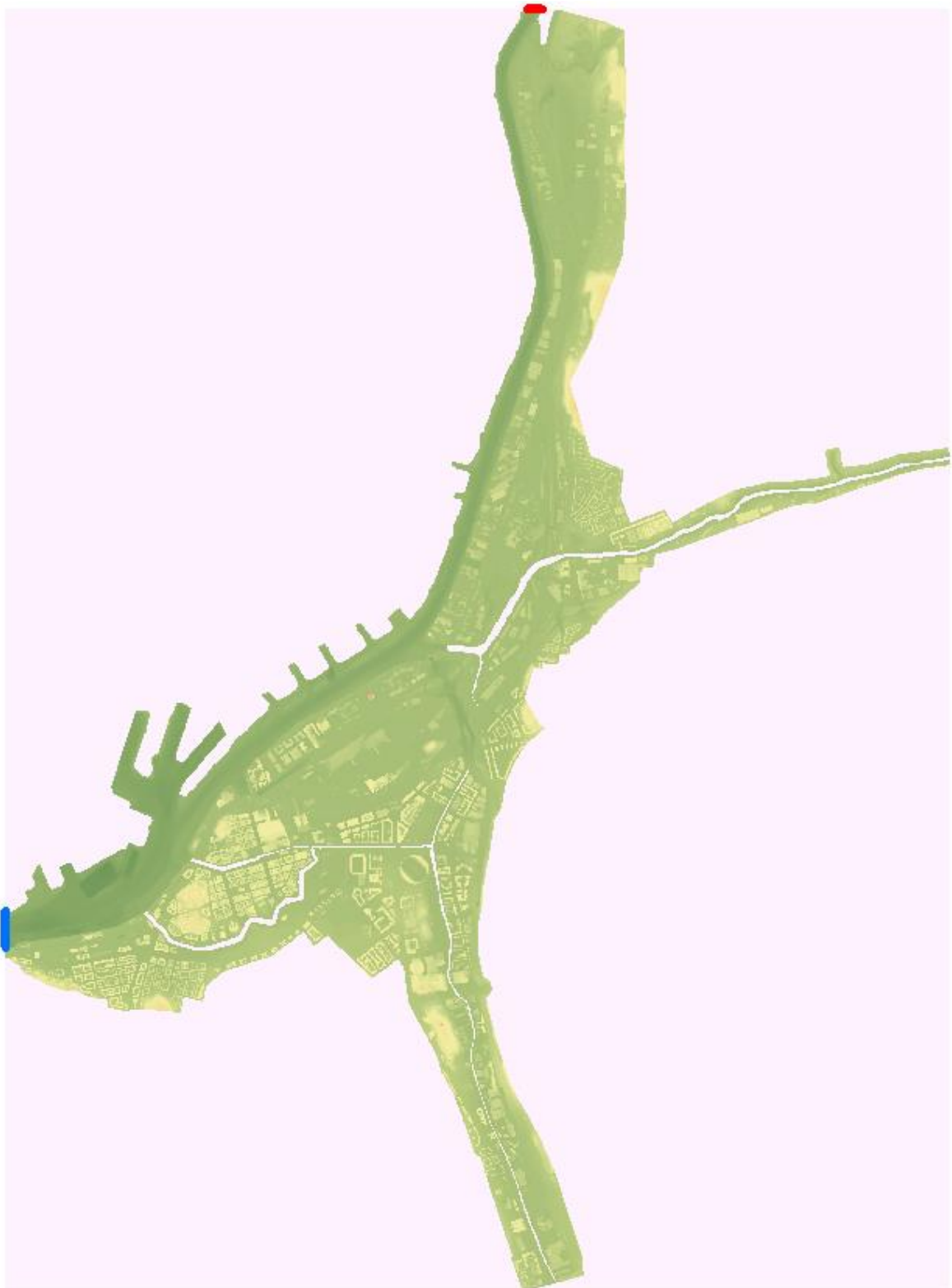
MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21 kan kopplas ihop med ett verktyg som kallas **MIKE Flood**. Två eller tre modeller kan kopplas ihop till en MIKE Flood modell. Vid koppling ska utväxlingspunkter definieras, som beskriver hur vattnet transporteras mellan modellerna.

3.2 Simuleringsuppdraget

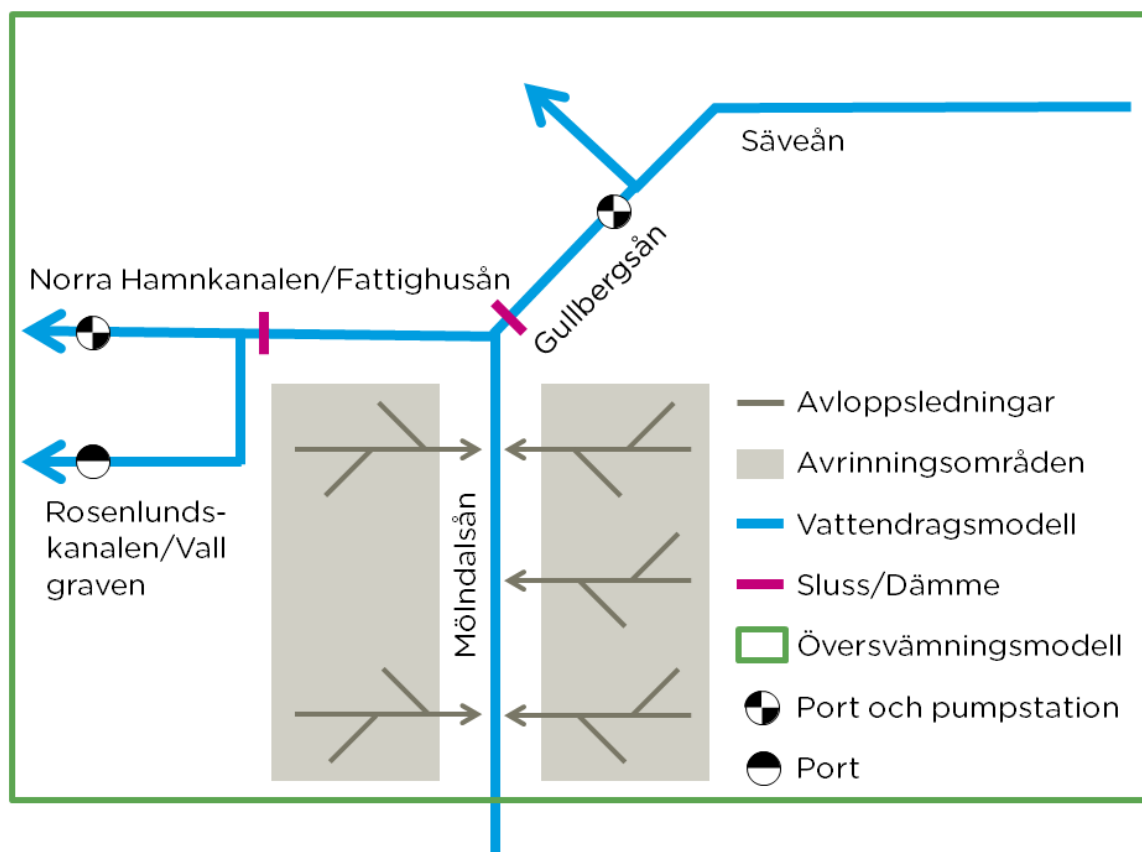
Hydromodellen i simuleringsuppdrag 3a är en kopia av hydromodellen i simuleringsuppdrag 2a. Mike 21-modellen har utvidgats för att täcka de lågliggande områdena från Marieholms Industriområde till Lärjeåns utlopp i Göta Älv mellan Gamlestadsvägen och Göta Älv, se figur 4 och figur 5. Modellen är också utvidgad för att täcka de lågliggande områdena i Masthugget och Haga. Mike 11 modellerna för Mölndalsån och Säveån är lagts ihop i samma modell och körs samtidigt för att de ska ge korrekta randvillkor åt varandra under simuleringen, se figur 6.



Figur 4 Modellområdet är avgränsat av den blåmarkerade linjen. MIKE Urban och MIKE 11 modellerna sträcker sig dock delvis utanför detta område. De röda cirklarna representerar de kritiska objekten i centrala Göteborg.



Figur 5 Översikt av MIKE 21-modellen som används vid simulering av Mölndalsån/Säveån. Den blå linjen visar var nedströms vattennivå kopplas till MIKE 21-modellen som randvillkor (vattenstånd Rosenlund/Eriksberg ur parameterlista). Den röda linjen visar var uppströms flöde kopplas till MIKE 21-modellen som randvillkor (flöde Göta Älv ur parameterlista).



Figur 6 Principiell modelluppbyggnad för simuleringsuppgdrag 3a. Det ska understrykas att portarna och pumpstationerna inte är etablerade i alla scenarier.

Figur 6 visar en principiell översiktsbild av modelluppsättningen. MIKE Urban modellen används för att beskriva avrinningen från avrinningsområdena omkring Mölndalsån och Gullbergsån. MIKE 11 modellen är uppbyggd av flera delmodeller över Mölndalsån, Gullbergsån, Fattighusån/Norra Hamnkanalen, Rosenlunds-kanalen/Vallgraven och Sävån. I början av Gullbergsån finns dämnet vid Gårda och i slutet av Fattighusån finns slussen i höjd med Centralstationen. Skyddsvallar etableras utefter Göta Älv för att skydda mot extremt höga vattennivåer. För att vattnet inte ska dämna upp i åarna och därmed kunna komma förbi skyddsvallarna, etableras portar i Norra Hamnkanalens och Vallgravens utlopp till Göta Älv. Sävån tillåts spela fritt mot vattennivån i Göta Älv och istället etableras en port i Gullbergsån utlopp till Sävån. Fördelen med att etablera porten i Gullbergsån istället är att en stor port och pumpstation kan sparas in i Sävån, eftersom översvämningsrisken är liten öster om Gamlestadsvägen, eftersom terrängen runt Sävån är mellan +3 och +4 m RH2000.

I det omformade modellområdet utgörs markanvändningen till 60 % av hårdgjord yta och 21 % av byggnader. Endast 19 % är naturyta. I figur 7 kan den geografiska fördelningen av de olika typerna av markanvändning utläsas.

Markanvändningskategori	Area	Andel
Byggnader	232,9 ha	21 %
Hårdgjord yta	666,2 ha	60 %
Naturyta	205,9 ha	19 %
Totalt	1105,0 ha	100 %

Tabell 4 Area och andel av olika markanvändningskategorier i Område B



Figur 7 Översikt av markanvändning i Område B. Naturyta är markerad med grön färg, byggnader är markerade med mörkgrå färg och hårdgjord yta är markerad med ljusgrå färg.

Resultaten från testsimuleringar visade att det kommer ner väldigt mycket vatten i avloppssystemet längs Mölndalsån via spillvatten och kombinerade brunnar. Flödesdata saknas för att kunna värdera om modellen visar rätt inflöde i avloppssystemet vid extrema regnhändelser,

men resultaten tyder på att modellen övervärderar inflödet genom spillvattenbrunnar och kombinerade brunnar. Modellen har därför gått igenom och kopplingen mellan MIKE Urban modellen och MIKE 21 modellen har tagits bort för de ledningar som inte hade någon ansluten rännstensbrunn. Efterföljande simuleringar visade att inflödet i avloppssystemet minskade, men det finns fortfarande ett stort inflöde på grund av att flera rännstensbrunnar är kopplade till avloppssystemet längs Mölndalsån. Det maximala flödet från MIKE 21 modellen och ner till avloppssystemet har för spillvattenbrunnar minskats till 50 l/s och 200 l/s för dagvattenbrunnar och kombinerade brunnar.

I simuleringsuppdrag 2a observerades en stor mängd vatten som genererades automatisk i MIKE Urban modellen. Orsaken till felet har anmälts till DHI och de har vid nuvarande tidpunkt inte kunnat ge en komplett lösning på problemet. Istället har de gett råd till hur felet kan reduceras till ett minimum. Lösningen bygger på att ett litet flöde tillförs MIKE Urban modellen i de brunnar och ledningar som genererar den största mängden av det automatisk genererade vattnet i modellen. I 53 brunnar fördelat på olika områden i MIKE Urban modellen har ett tillskottsflöde på 1 l/s lagts till för att förhindra att MIKE Urban modellen själv genererar vatten i en storleksordning som var många gånger större i de tidigare simuleringarna. Denna lösning hjälpte inte för ledning AD20358. Lösningen blev istället att förlänga denna ledningen med 50 m.

3.3 Portar och skyddsvallar

Utformning av Åtgärdsförslag 1 och 2 presenteras i kartbilaga 1320001782-08-28 och 1320001782-08-29. Båda åtgärdsförslagen både för Göta älvs norra/västra och södra/östra sida presenteras tillsammans på en karta.

3.3.1 Styrningsstrategi för portar

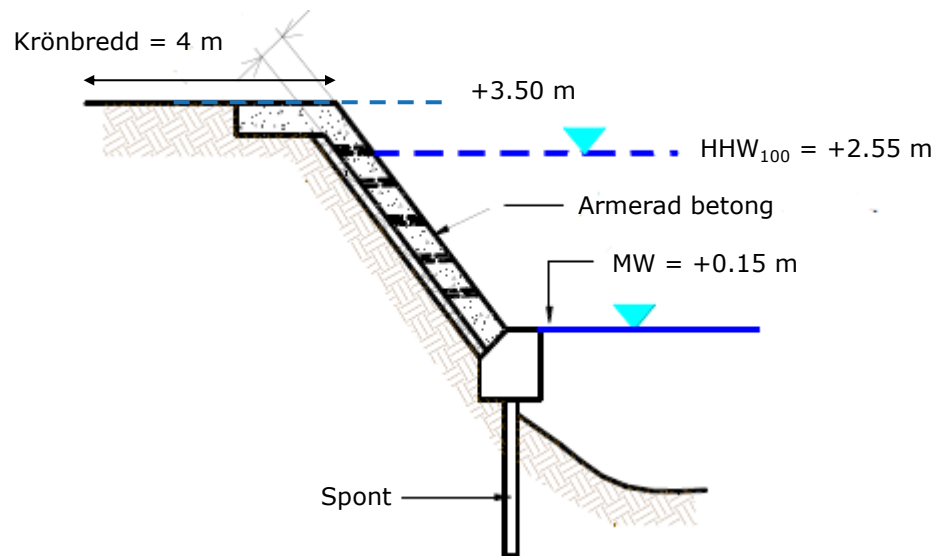
Portarna är inställda på att stängas om vattennivån i Göta Älv överstiger +1,3 m RH2000. Om vattennivån är högre uppströms porten, öppnas den delvis för att jämna ut vattennivån uppströms och nedströms porten. När vattennivån är utjämnad stängs porten igen. Om vattennivån är högre nedströms porten hålls porten helt stängd.

3.3.2 Skyddsvallar

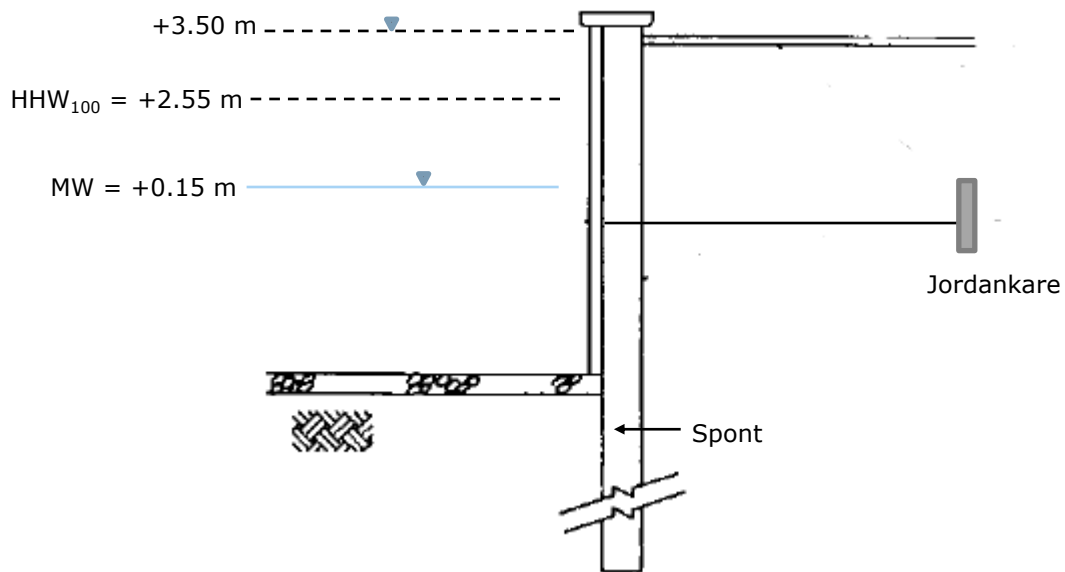
Den maximala peaknivån i Göta Älv är +2,55 m RH2000 vid Rosenlund/Eriksberg. På grund av att flödet i Göta Älv ansätts strax uppströms Lärjeåns utlopp stiger vattennivån från Rosenlund/Eriksberg upp till Lärjeåns utlopp. Skyddsmurarna har därför modelltekniskt etablerats som 4 m höga skyddsvallar, detta för att säkra att vattnet inte rinner över skyddsmurarna. För att hitta den nödvändiga höjden av skyddsmurarna, bland annat med hänsyn till våghöjd i Göta Älv, behövs vidare studier som är mer inriktat på denna frågeställning.

Beroende på var skyddsvallarna ska etableras finns olika förutsättningar för hur de kan konstrueras. Nedan presenteras 4 förslag på utformning av skyddsvallar. Det första förslaget kan användas om det finns plats tillgänglig till att etablera en lutande skyddsvall längs kajkanten, se figur 8. Hur stor våghöjden kan vara vid högvatten har inte undersökts, men i figurerna är det förutsatt att våghöjden kan vara upp till 1 m. Den lutande skyddsvallen armeras med betong dels för att kunna motstå vågor, men också för att hindra erosion. Konstruktionen förstärks med en spont.

Det andra förslaget kan användas då det är begränsat med plats längs kajkanten, se figur 9. Skyddsvallen etableras som en spont längs kajkanten. För att säkra spontens stabilitet när det inte är högvatten så förankras den med jordankare.



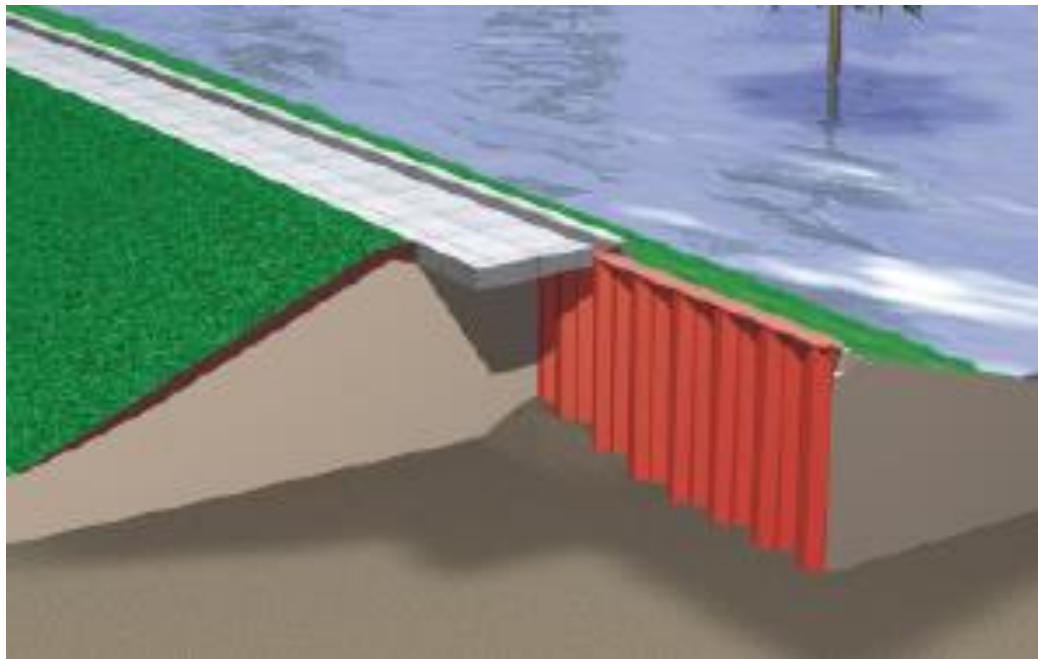
Figur 8 Förslag på skyddsvall som lutar ner mot Göta Älv. Vallen spontas ner vid medelvattennivån och den lutande vallen förstärks med armerad betong.



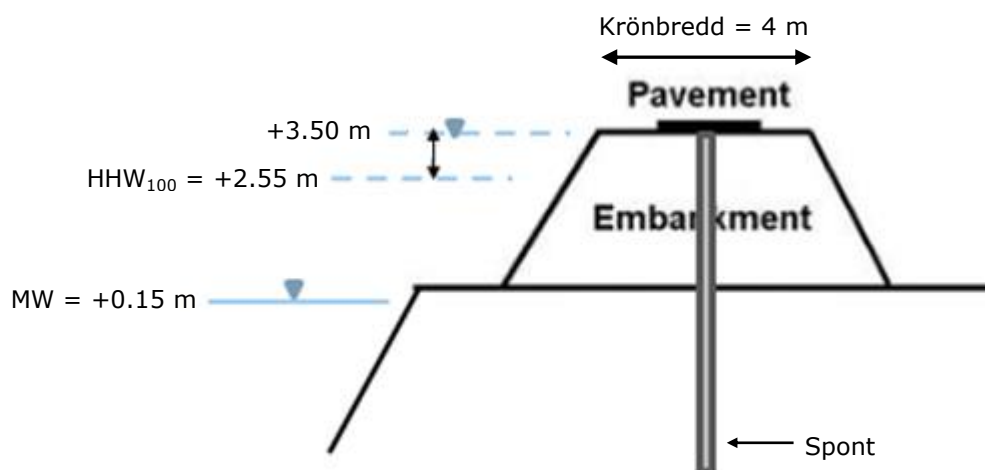
Figur 9 Förslag på skyddsvall där en spont placeras vid kajkanten. För att säkra spontens stabilitet när det inte är högvatten förankras sponten med jordankare.

Det tredje förslaget är att etablera skyddsvallen som en upphöjd gång- och cykelväg, se figur 10 och figur 11. Vallen etableras som en jordvall med gräs på sidorna. Vallen förstärks med en spont i mitten av vallen som går längs med vallen.

Det fjärde och sista förslaget är att etablera skyddsvallen som en kombination av skyddsvall och bullervall längs med en väg, se figur 12. Därmed uppnås dubbel effekt av åtgärden. I åtgärdsförslagen har flera befintliga bullervallar använts som skyddsvallar. Därmed finns det redan plats att etablera dessa vallar. Det måste säkerställas att den existerande bullervallen är konstruerad så den kan motstå vattentrycket den utsätts för vid ett eventuellt högvatten. Om den inte kan motstå vattentrycket behöver den byggas om eller förstärkas.



Figur 10 Illustration av skyddsvall som kan kombineras med gång- eller cykelväg.



Figur 11 Skyddsvall som kan kombineras med gång eller cykelväg. Vallen etableras som en hög jordvall som förstärks med en spont i mitten.



Figur 12 Skyddsmur av armerad betong som även kan användas som bullerskärm längs vägar.

3.3.3 Åtgärdsförslag

I figur 13 till figur 23 presenteras de olika åtgärdsförslagen. Åtgärdsförslagen ska betraktas utgöra översiktliga principförslag som anpassats efter nuvarande förhållanden men som kan förväntas få annan utbredning i detalj då området i stora delar är under utveckling. Syftet med åtgärdsförslagen i detta skede är att möjliggöra utvärdering av för och nackdelar med olika typer av principlösningar till översvämningsskydd och för olika ambitionsnivåer. Symbolerna och linjerna ska förstås enligt nedan:



Mobil port. Denna måste alltså sättas ut vid högvatten.



Permanent port. Denna kan antingen stängas manuellt eller styras via ett övervakningssystem.



Permanent skyddsvall



Permanent port. Linjen indikerar hur bred porten måste vara.



Mobil port. Linjen indikerar hur bred porten måste vara.



Objektsskydd. Denna linje indikerar endast att en åtgärd måste genomföras för att skydda ett objekt. Det indikerar inte placeringen av själva åtgärden, då åtgärden kan vara olika beroende på skyddsobjektet.

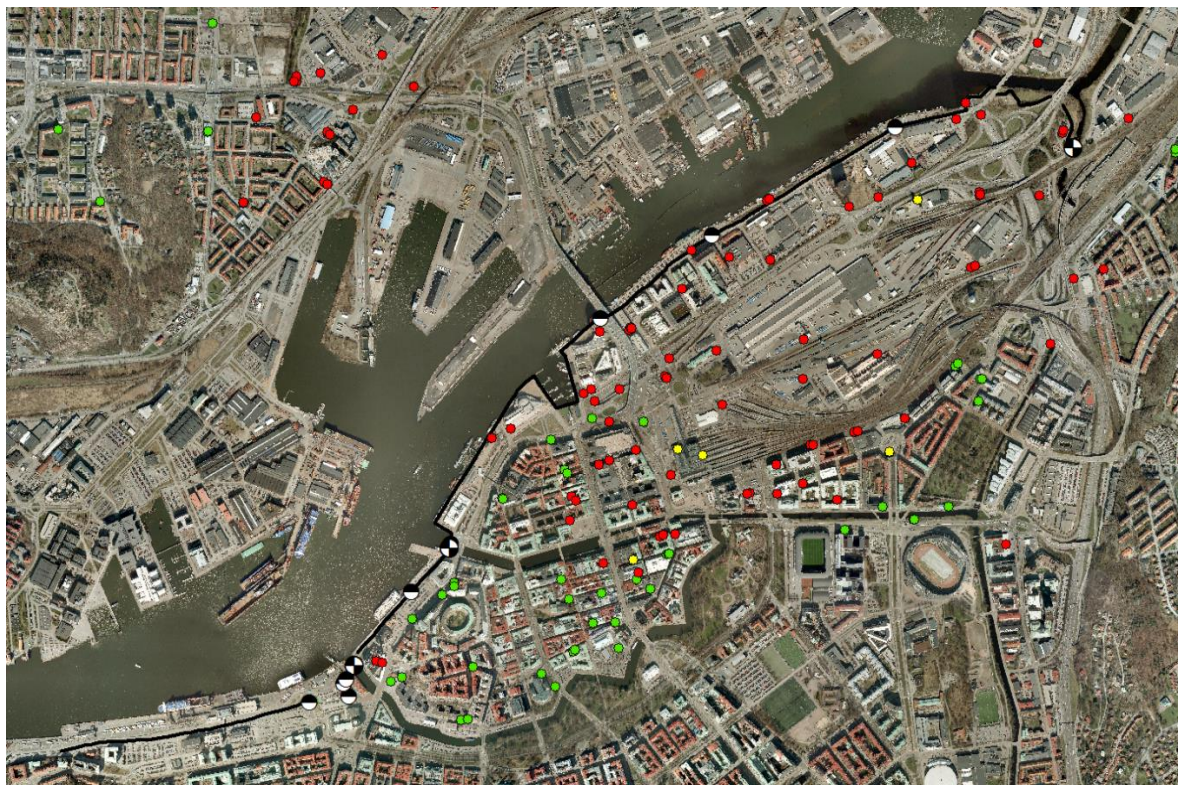
3.3.4 Åtgärdsförslag 1

I åtgärdsförslag 1 skall skyddsåtgärder etableras för att bibehålla kritiska samhällsfunktioner. I stort innebär detta att de kritiska objekten i och omkring områdena Inom Vallgraven,

Nordstaden, Hultmans Holme, Gullbergsvass, Stampen och Olskroken ska skyddas, se figur 13 och tabell 5. Två kritiska objekt i Gamlestaden skyddas inte av dessa skyddsåtgärder och därmed måste dessa skyddas lokalt. Även två kritiska objekt längs Gullbergs strandgata hamnar utanför skyddsåtgärder och måste skyddas lokalt.

Skyddsåtgärder består av skyddsmurar och portar. Skyddsmurarna etableras i så stor utsträckning som möjligt efter befintliga skyddsmurar eller skyddande strukturer. Portarna etableras vid åarnas utlopp till Göta Älv eller Sävån.

Förslaget från tidigare förstudie om skyddsportar (Sweco14-02-24), har varit att etablera portar i Rosenlundskanalen/Vallgraven, Norra Hamnkanalen/Fattighusån, samt Sävåns utlopp till Göta Älv. Portarna för Rosenlundskanalen/Vallgraven och Norra Hamnkanalen/Fattighusån är bibehållna, men porten i Sävån är flyttad till Gullbergsåns utlopp till Sävån. Orsaken är att Sävån har ett väldigt stort normalflöde och höglöde. Om porten etableras i Sävån riskeras att vattnet dämmer upp i Gullbergsån. I detta förslag tillåts Sävån spela fritt mot vattennivån i Göta Älv, eftersom terrängen runt Sävån öster om Gamlestadsvägen är betydligt högre.



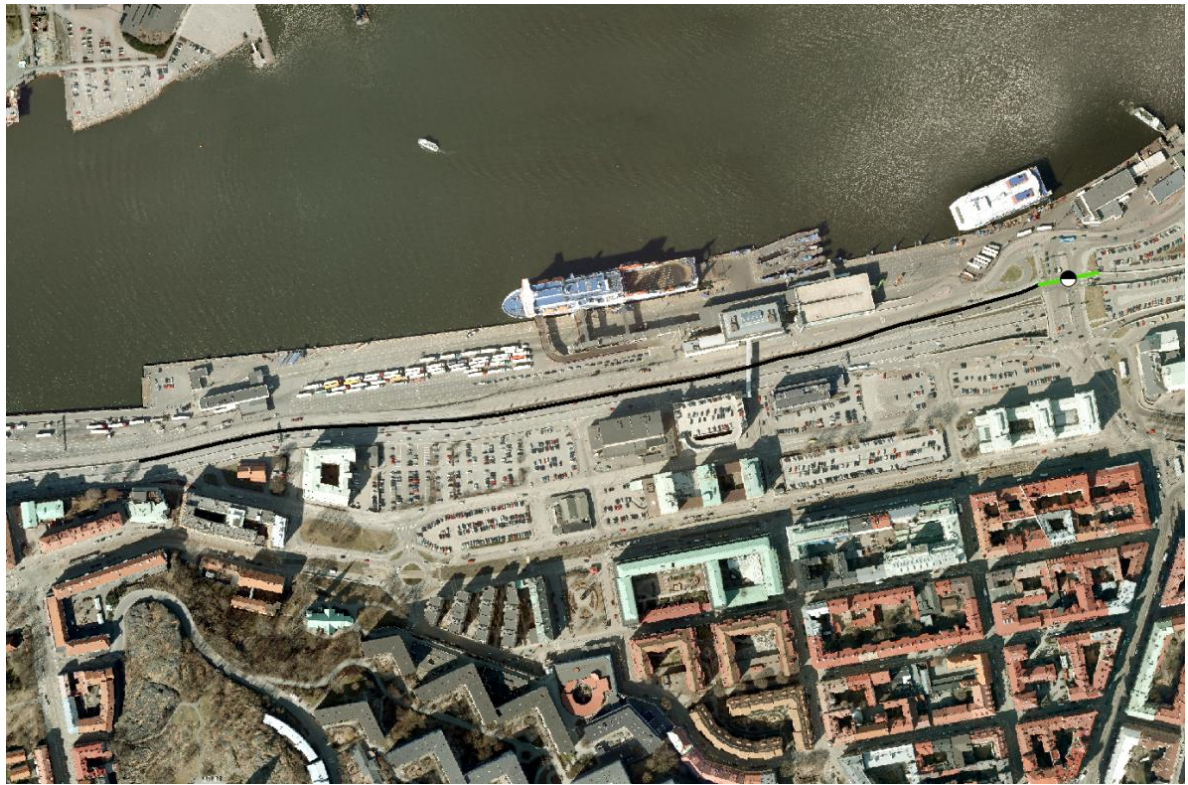
Figur 13 Skyddsmur ut med Göta älv, Sävån och Gullbergsån.

Typ	Antal	Längd
Portar	3 st.	80 m
Mobila portar	9 st.	160 m
Permanent skyddsvallar	13 st.	4 725 m
Objektsskydd	4 st.	-

Tabell 5 Sammanställning av portar och skyddsvallar för Åtgärdsförslag 1.

Skyddsmuren startar i väster längs med Andréegatan. Mellan Andréegatan och Emigrantvägen finns en befintlig bullermur som antingen kan byggas på eller byggas om för att även skydda mot hög vattennivå i Göta Älv, se figur 14. Längre österut slutar bullervallen en bit innan Järnvågens busshållplats och här måste en helt ny mur etableras. En mobil skyddsmur måste etableras över

Järnvägsgatan vid Järnvägsmotet. Denna mobila skyddsmur kopplas samman med skyddsmuren för Götatunneln. Därmed kan Götatunneln också hållas öppen vid högvattensituationer.

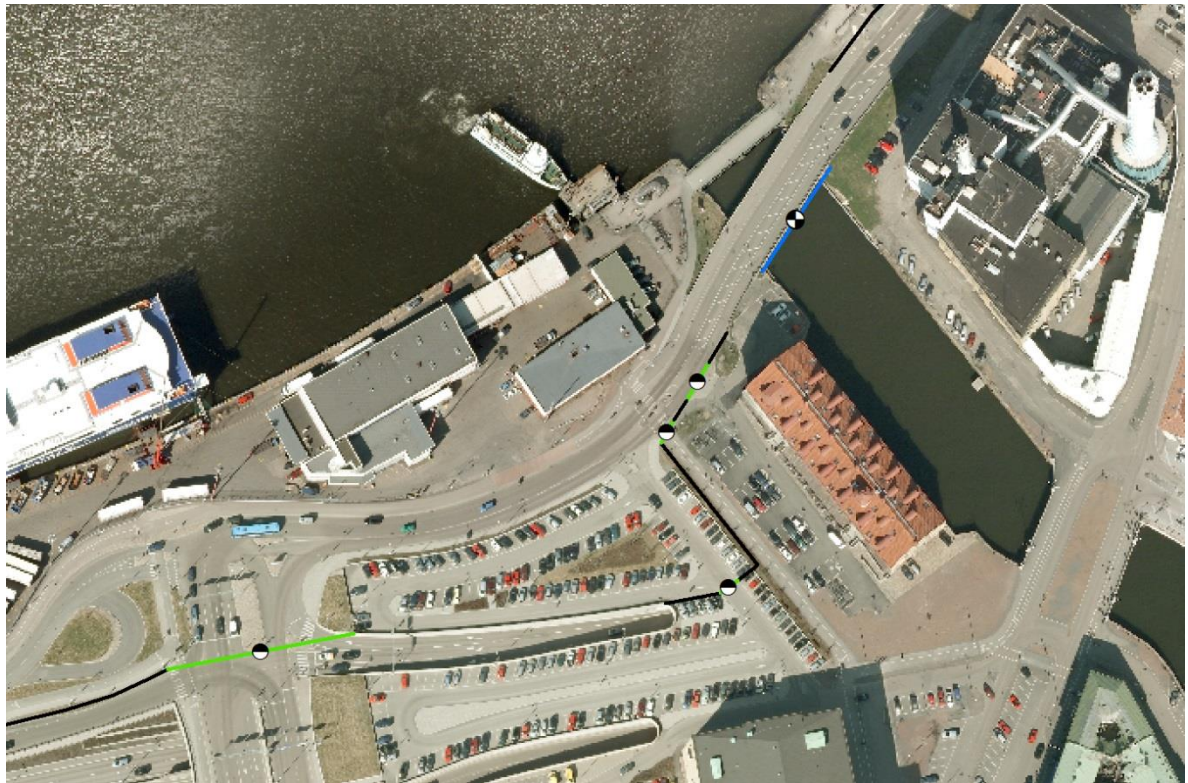


Figur 14 Skyddsmur längs Andréégatan och Götatunneln vid Masthuggskajen. En mobil skyddsvall sätts upp över Järnvägsgatan.

Skyddsmuren för Götatunneln används mot Lagerhuset, se figur 15. Skyddsmuren korsar parkeringsplatsen och för att bevara den genomgående vägen från Pusterviksgatan till Emigrantvägen så måste en mobil skyddsmur etableras. För att minimera antalet mobila skyddsmurar är det bäst att etablera en permanent skyddsmur och därmed tas möjligheten bort att köra igenom parkeringsplatsen från Pusterviksgatan till Emigrantvägen.

Skyddsmuren löper sedan norrut upp till Emigrantvägen. Emigrantvägen korsas av en gång- och cykelväg och för att bevara denna måste en mobil skyddsmur etableras. Därefter följer en liten sektion med permanent skyddsmur som korsas av utfartsvägen till Lagerhusets parkering. Om denna utfart ska bevaras måste en mobil skyddsmur etableras över utfarten. En alternativ möjlighet är att etablera en permanent skyddsmur och endast tillåta utfart från parkeringen söderut.

Det föreslås att porten för Rosenlundskanalen/Vallgravens utlopp etableras sydöst om Masthamnsbron.



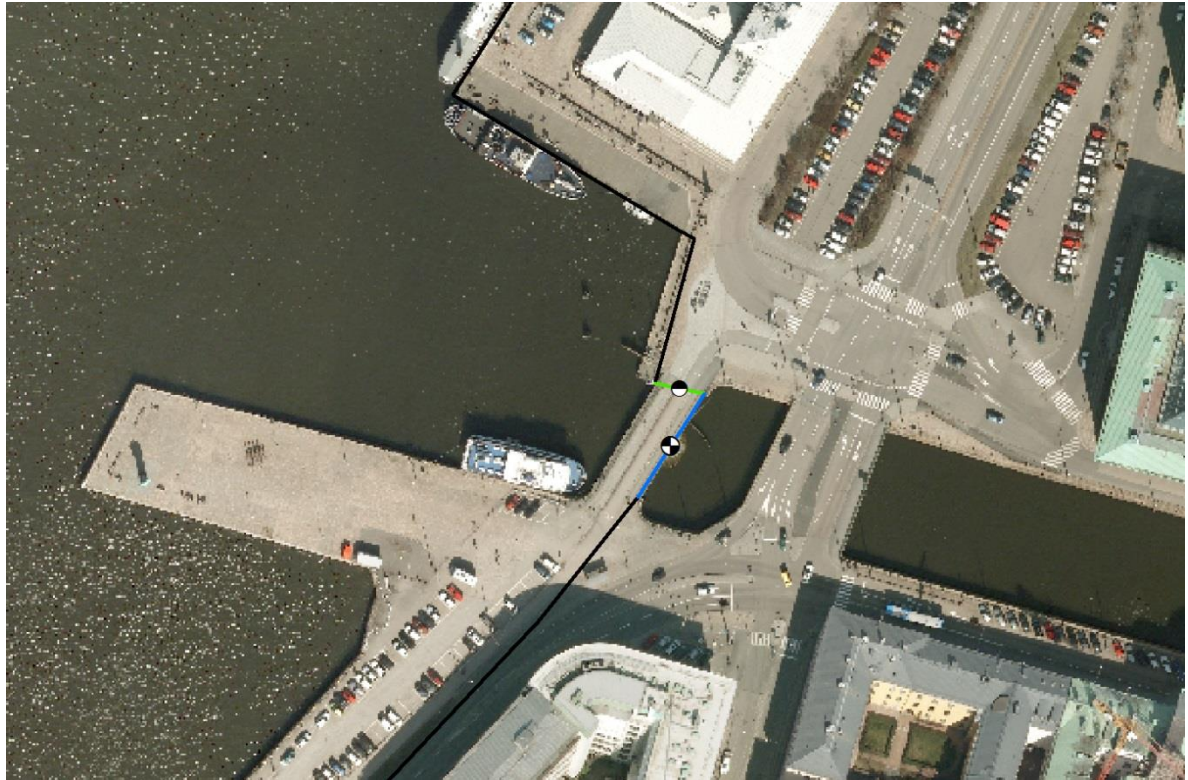
Figur 15 Mobila och permanenta skyddsmurar omkring Järnvägsmotet

Längs Skeppsbron etableras en skyddsmur i grönstråket nordväst om vägen, se figur 16. En mobil skyddsmur etableras för att säkra att bilarna ska kunna komma till och från den flytande parkeringsplatsen. Övriga utfarter stängs.



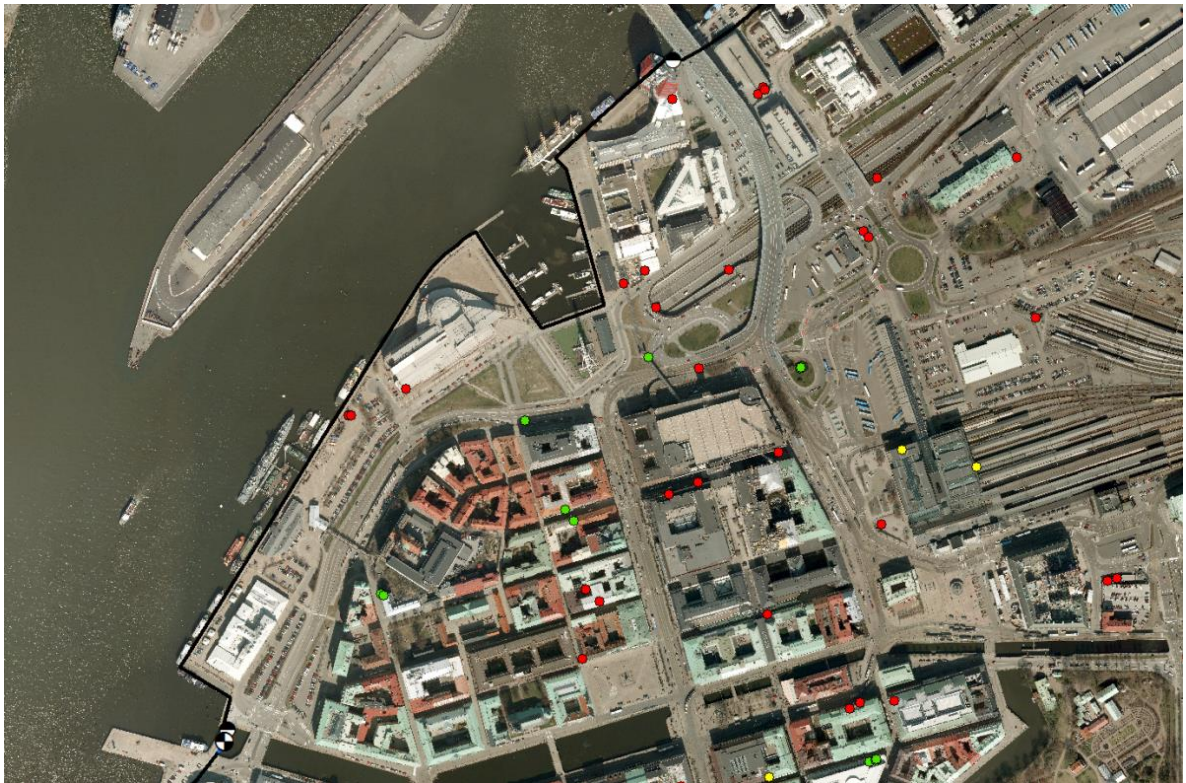
Figur 16 Skyddsmur längs Skeppsbron.

Vid Norra Hamnkanalen/Fattighusåns utlopp i Göta Älv etableras en port, se figur 17. I anslutning till porten etableras en mobil skyddsmur över residensbron. En permanent skyddsmur fortsätter sedan längs Packhuskajen.



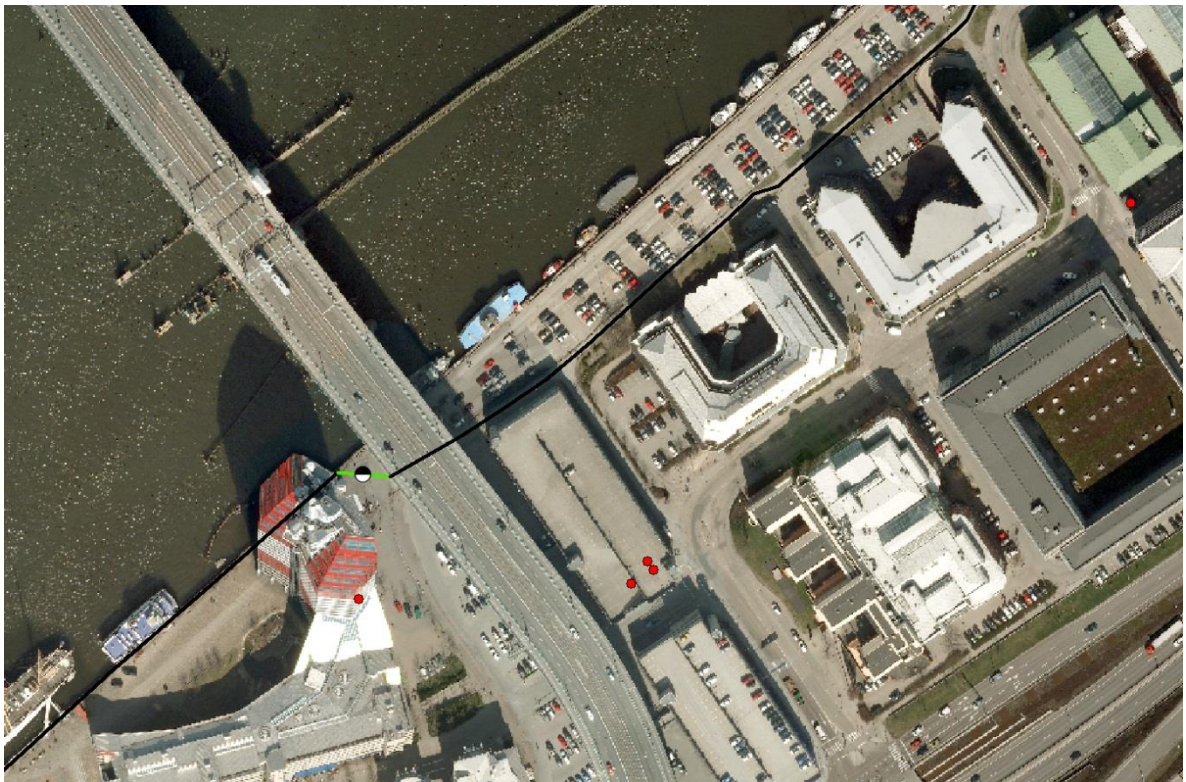
Figur 17 Skyddsmur och port vid Norra Hamnkanalen/Fattighusåns utlopp.

Skyddsmuren fortsätter längs Packhuskajen, figur 18. Det finns redan idag en liten mur en bit från kajkanten, som skapar en gångväg ut med kajen. Denna mur kan höjas upp för att därmed skapa en skyddsmur. Gångvägen bli översvämmad vid högvatten men kan å andra sidan användas vid normalvattenstånd som gångväg hela vägen ut mot vattnet.



Figur 18 Skyddsmur längs Packhuskajen, Lilla Bommens gästhamn, Lilla Bommens torg och Läppstiftet.

Eftersom Götaälvbron är hög, kan skyddsmuren fortsätta under bron i grönstråket längs Gullsbergsstrandgata, se figur 19. Under Götaälvbron etableras en mobil skyddsmur för att bilarna ska kunna komma till och från parkeringsplatsen utmed Göta Älv.



Figur 19 Skyddsmur under Götaälvbron.

Skyddsmuren fortsätter i grönstråket längs Gullsbergsstrandgata, se figur 20. Förslaget är att gång- och cykelvägen höjs upp för att skapa en skyddsmur. Två utfarter har identifierats från

Gullbergskajen till Gullbergsstrandgata och här måste mobila skyddsmurar etableras. För att undvika en mobil skyddsmur kan det övervägas om båda utfarterna är nödvändiga. Det finns två kritiska objekt som ligger utanför skyddsmuren och dessa måste därför skyddas lokalt eller flyttas över till den andra sidan om gång- och cykelvägen.

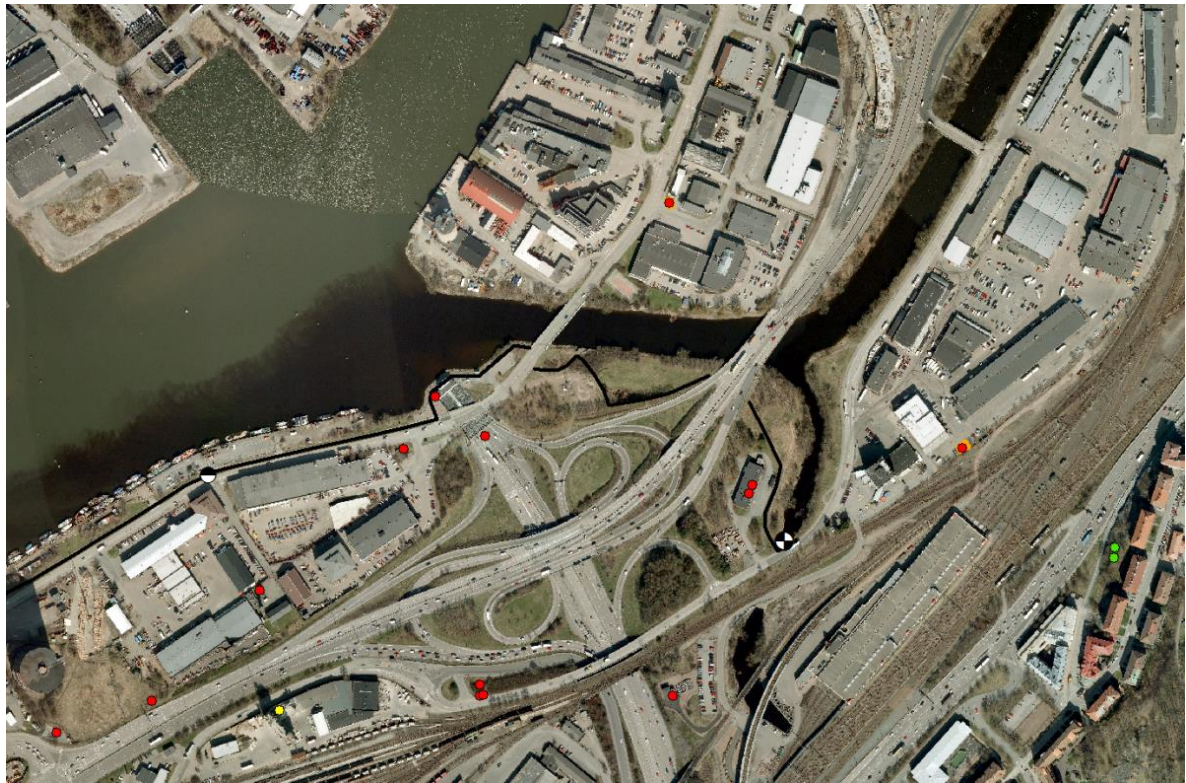


Figur 20 Mobil och permanent skyddsmur längs Gullbergsstrandgata.

När skyddsmuren kommer fram till Kungsbackaleden används den befintliga skyddsmuren för Tingstadstunneln, se figur 21. Skyddsmuren måste dock höjas upp för att skydds mot en extrem vattennivå i Göta Älv.

En bit uppströms Gullbergsåns utlopp i Säveån etableras en port för att hindra vattnet från att dämna tillbaka upp i Gullbergsån.

Det föreslås också att skyddsmur etableras runt den öppna sektionen av Gullbergsån mellan järnvägen och Riddaregatan, eftersom en hög vattennivå i Gullbergsån kan översvämma E6/E20 vid Olskroken. Det skyddar även järnvägen söder om den öppna sektionen och tågreparationshallen öster om Gullbergsån.



Figur 21 Mobila och permanent skyddsmur längs Gullbergsstrandgata, samt runt Gullbergsmotet och Olskroken. En bit uppströms Gullbergsåns utlopp i Sävån etableras en port.

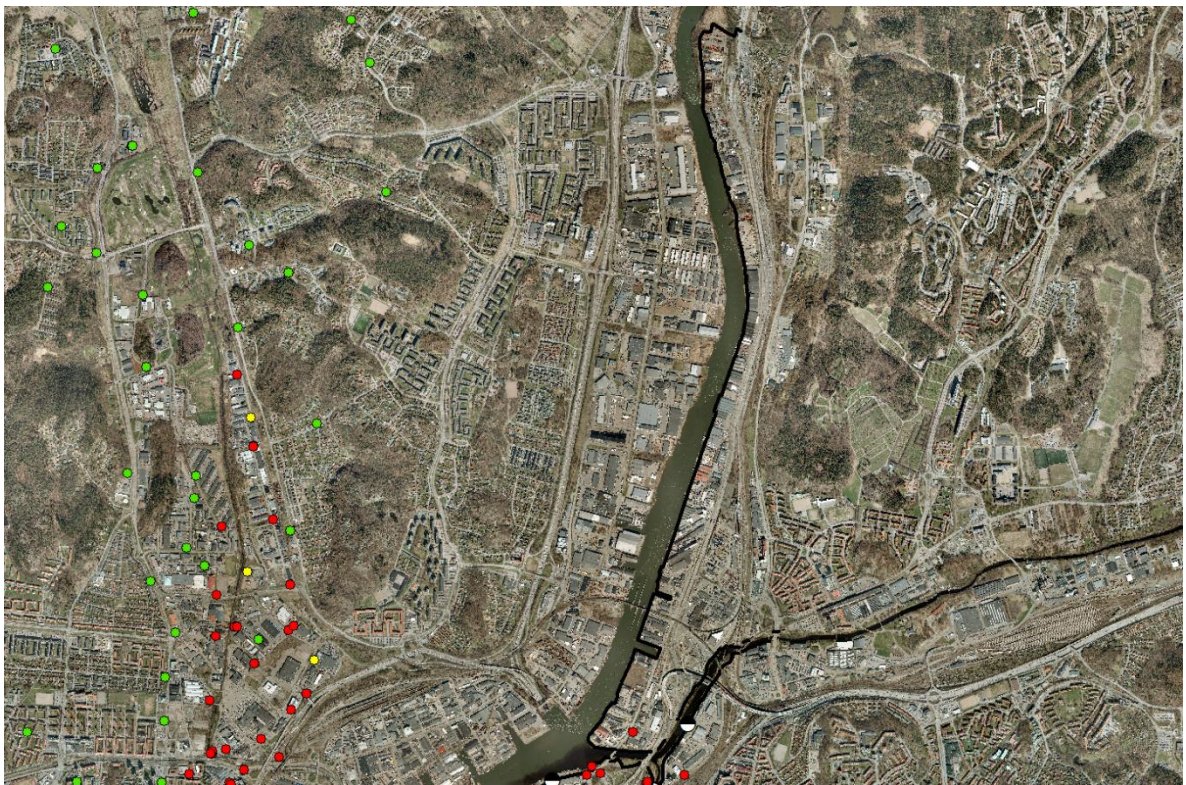
3.3.5 Åtgärdsförslag 2

I åtgärdsförslag 2 skall skyddsåtgärder etableras för att bibehålla förutsättningar för god livskvalitet för medborgarna, se tabell 6. I förslaget etableras samma skyddsmurar och portar som i åtgärdsförslag 1. Skyddsmurarna förlängs på båda sidor längs den nedre delen av Sävån upp till Gamlestadsvägen för att skydda Marieholms industriområde, se figur 22. En skyddsmur etableras också utefter Göta Älv upp till Marieholmsgatan söder om Lärjeåns utlopp. Mobila skyddsmurar etableras på vardera sida av Kodammsbron. Det bör övervägas om Kodammsbron är nödvändig, eftersom mobila skyddsmurar är en potentiellt svag punkt.

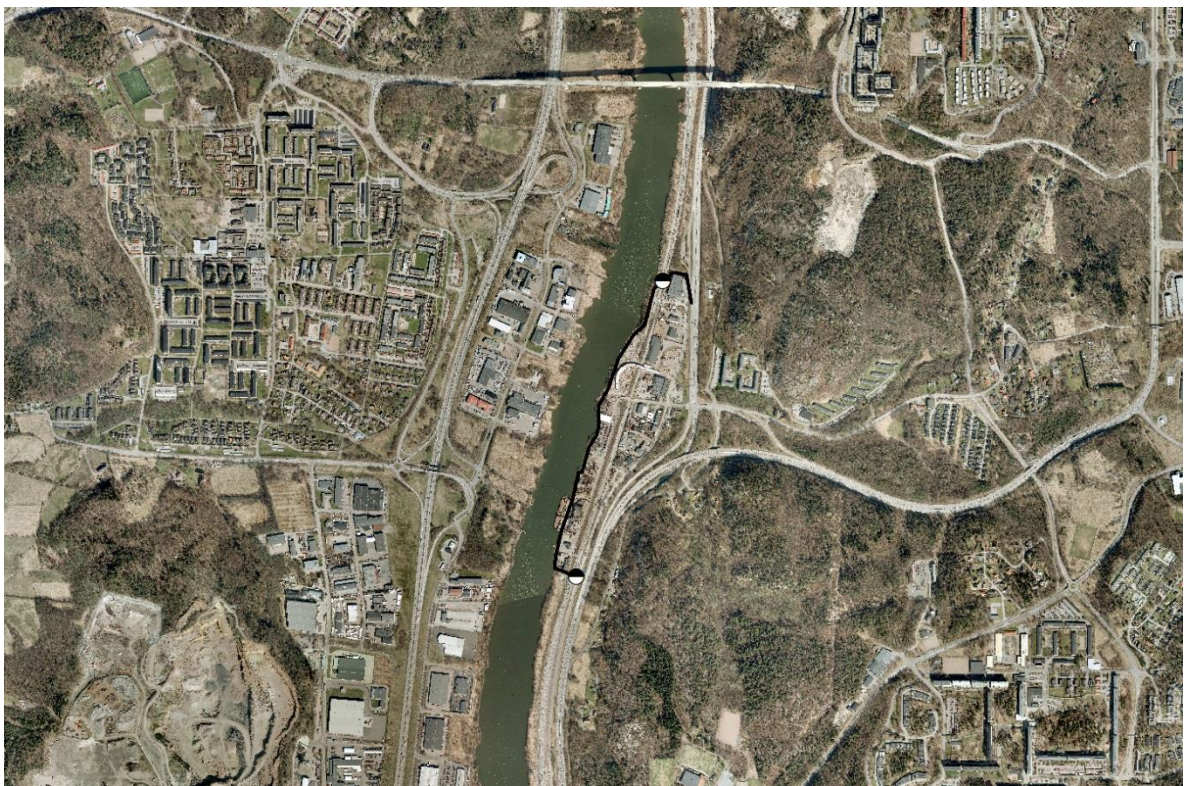
Det etableras också en skyddsmur för att skydds industriområde väster om Agnesbergsmotet, se figur 23.

Typ	Antal	Längd
Portar	3 st.	80 m
Mobila portar	12 st.	180 m
Permanent skyddsvallar	28 st.	14 070 m
Objektsskydd	2 st.	-

Tabell 6 Sammanställning av portar och skyddsvallar för Åtgärdsförslag 2.



Figur 22 Skyddsmur längs den nedre delen av Sävveån, samt utefter Göta Älv upp till Lärjeåns utlopp.



Figur 23 Skyddsmur runt industriområdet väster om Agnesbergsmotet

- 3.3.6 Resurser och tidsåtgång för etablering av mobila skyddsvallar
Beräkningar av resurser och tidsåtgång för etablering av mobila skyddsvallar är baserat på Trafikverkets instruktioner för åtgärder vid högt vatten för att skydda Götatunneln och

Tingstadstunneln, "INSTRUKTIONER, Åtgärder vid högt vatten och hård vind VERSION INFÖR VINTER 2012/2013" version 0.9, se tabell 7 och tabell 8.

Trafikverkets förslag är att uppförandet av mobila skyddsvallar utförs av ett arbetslag bestående av:

- 1 kranbil + förare
- 2 yrkesarbetare
- 1 servicebil

Beroende på storlek av vallen anger Trafikverket att det tar mellan 2-4 timmar att etablera de mobila skyddsvallarna inklusive trafikavstängningar. I denna beräkning är det antaget att det tar 3 timmar att etablera varje skyddsmur inklusive trafikavstängningar.

Då det är stor nivåskillnad där skyddsmurarna ska etableras har de mobila skyddsmurarna delats in i tre intervall. De skyddsmurar som ligger i det låga intervallet kommer att behöva etableras mer frekvent och därför bör det övervägas om dessa istället ska vara permanenta, även om det kräver att vägen eller utfarten stängs av. Alternativt kan marknivån höjas för att skyddsmuren inte ska behöva etableras lika frekvent.

Kriterier för när dessa mobila skyddsvallar skall sättas ut bör delas upp för att prioritera de lägst liggande skyddsvallarna först. Nivån för Trafikverkets skyddsvallar för Götatunneln och Tingstadstunneln ligger på omkring +1,9 – 2,0 m. De föreslår att skyddsvallarna skall sättas ut antingen 6 eller 12 timmar innan vattennivån når nivå +1,7 m RH2000, beroende på hur pass trafikerad vägen är. De föreslår att man använder sig av 5 olika arbetslag som vardera har en arbetsinsats på mellan 4 och 8 timmar.

Om en arbetsinsats på 6 timmar per arbetslag antas, krävs 5 arbetslag för Åtgärdsförslag 1 och 6 arbetslag för Åtgärdsförslag 2. De mobila skyddsvallarna har placerats vid vägar med så lite trafik som möjligt och därför bör skyddsvallarna kunna etableras 12 timmar innan nivån för den individuella skyddsmuren överskrids. Som tidigare nämnt bör de mobila skyddsvallarna som ligger lågt antingen höjas eller göras permanenta, för att det ska vara möjligt att förutse om nivån för skyddsvallen kommer att överskridas med 12 timmars varsel.

Åtgärdsförslag 1

Intervall	Antal	Tidsåtgång per vall	Total tidsåtgång	Resurser	Arbetstid
< 1,5 m	2 st.	3 h	6 h	3 personer	18 h
1,5 – 2,0 m	2 st.	3 h	6 h	3 personer	18 h
> 2,0 m	5 st.	3 h	15 h	3 personer	45 h
Totalt	9 st.		27 h		81 h

Tabell 7 Sammanställning av tidsåtgång och resurser för att etablera de mobila skyddsvallarna i Åtgärdsförslag 1.

Åtgärdsförslag 2

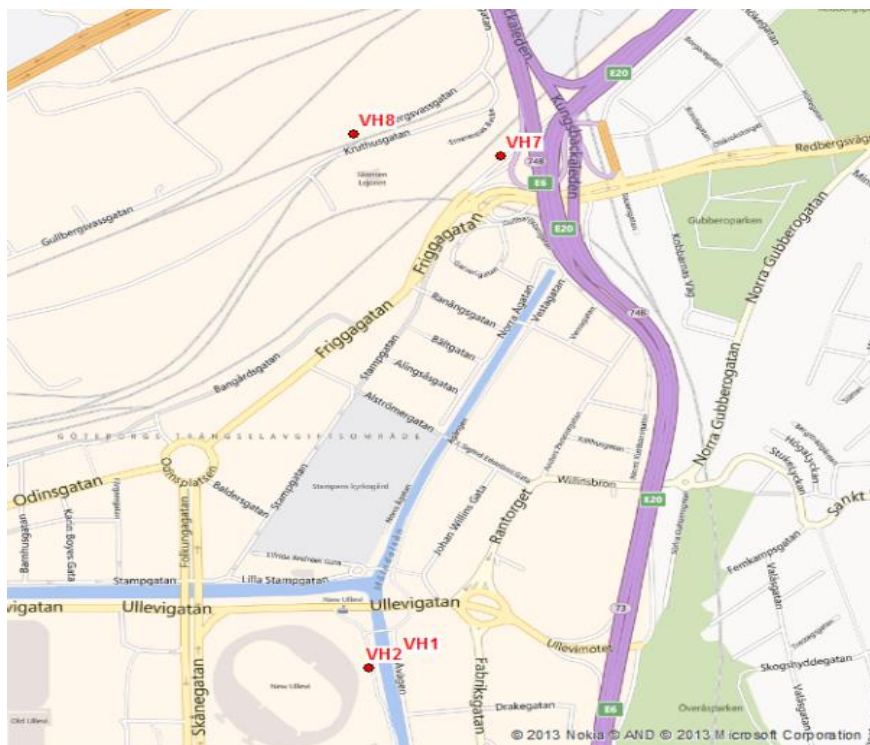
Intervall	Antal	Tidsåtgång per vall	Total tidsåtgång	Resurser	Arbetstid
< 1,5 m	4 st.	3 h	12 h	3 personer	36 h
1,5 – 2,0 m	2 st.	3 h	6 h	3 personer	18 h
> 2,0 m	6 st.	3 h	18 h	3 personer	54 h
Totalt	9 st.		36 h		108 h

Tabell 8 Sammanställning av tidsåtgång och resurser för att etablera de mobila skyddsvallarna i Åtgärdsförslag 2.

4. KALIBRERING

Avrinningsområdena i MIKE Urban modellen längs Mölndalsån har i detta simuleringsuppdrag kalibrerats mot tidigare flödesmätningar. Mätpunkt VH1, VH2 och VH7 har valts som kalibreringspunkter, eftersom de är beskrivna i MIKE Urban modellen längs Mölndalsån och Gullbergsån, se figur 24. Liksom tidigare har ett konstant flöde lagts till, uppströms mätpunkt VH1 och VH2, för att kompensera för det basflöde som har uppmätts.

Pumpkapaciteten i Kodammarna har minskats, för att ta hänsyn till flödet från VH8, eftersom denna del av Område C inte är beskrivet i MIKE Urban modellen i simuleringsuppdrag 3a. Flödet vid VH8 är ungefär 400 l/s vid ett CDS 100 års regn och därför har pumpkapaciteten i Kodammarna sänkts från 3 m³/s till 2,6 m³/s.



Figur 24 Översikt av flödesmätpunkter från utförda flödesmätningar under sommaren 2013

Eftersom det i flödesmätningarna konstaterats en avskuren flödestopp, har kalibreringen inte kunnat utföras med ett resultat inom 10 % felmarginal för både peak och volym. Genom att sänka andelen hårdgjorda ytor har felet i peak värdet kunnat minskas till att vara i stor sett inom en felmarginal på 10 %. Volymavvikelsen har inte kunnat minskas mer, eftersom formen av den uppmätta och simulerade flödeskurvan då avviker allt för mycket.

Avvikelsen före och efter kalibreringen presenteras i tabell 9.

Mätpunkt	Okalibrerad modell		Kalibrerad modell	
	Peak	Volym	Peak	Volym
VH1	6 %	29 %	-5 %	19 %
VH2	29 %	52 %	11 %	42 %
VH7	7 %	37 %	-3 %	27 %

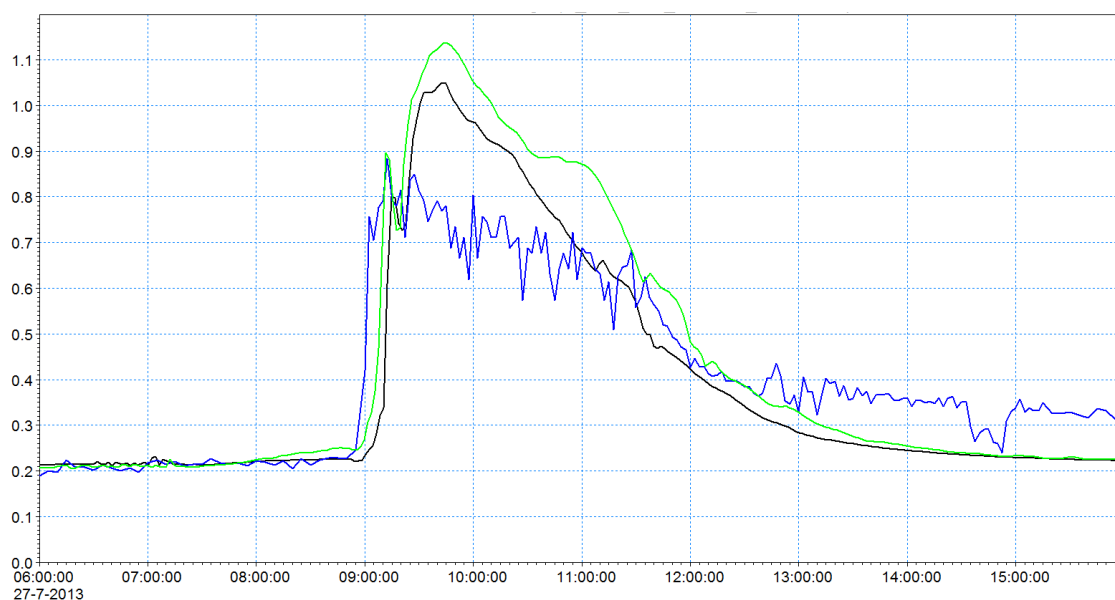
Tabell 9 Kalibreringsresultat för regnhändelsen den 27:e juli 2013 mellan kl. 6 och 16

Avrinningsområdets totala yta, reducerade yta och andel reducerad yta före och efter kalibrering presenteras i tabell 10.

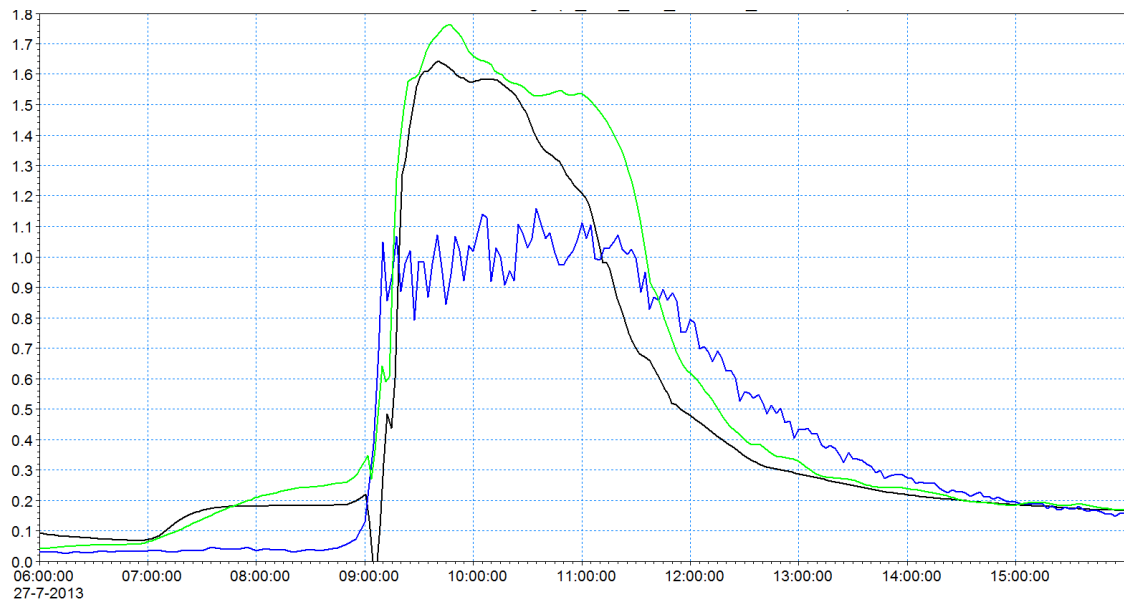
Avrinningsområdena för dagvatten har inte kalibrerats, eftersom det inte har utförts några flödesmätningar av dessa avrinningsområden. Andelen hårdgjorda ytor har istället minskats med 35 %, eftersom detta är ett medelvärde av 44 och 25 %.

Mätpunkt	Okalibrerad modell			Kalibrerad modell				Skillnad i red. yta
	Yta (ha)	Red. Yta (ha)	Andel red. yta	Yta (ha)	Red. Yta (ha)	Andel red. yta	Konstant flöde	
VH1	255,1	114,3	45 %	255,1	64	25 %	210 l/s	-44 %
VH2	79,1	25,6	32 %	79,1	19,1	24 %	40 l/s	-25 %
VH7	109,3	52,3	48 %	109,3	52,3	48 %	-	0 %

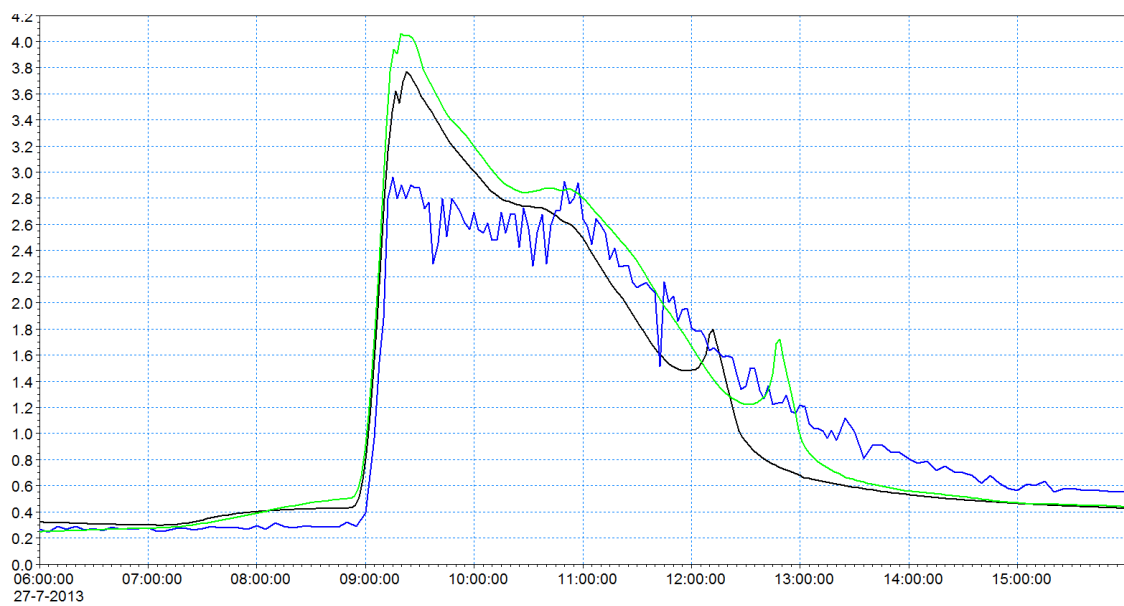
Tabell 10 Avrinningsområdets totala yta, reducerade yta och andel reducerad yta före och efter kalibrering



Figur 25 Uppmätt flöde (blå linje) och simulerat flöde före (grön linje) och efter (svart linje) kalibrering av VH1



Figur 26 Uppmätt flöde (blå linje) och simulerat flöde före (grön linje) och efter (svart linje) kalibrering av VH2



Figur 27 Uppmätt flöde (blå linje) och simulerat flöde före (grön linje) och efter (svart linje) kalibrering av VH7

5. RESULTAT

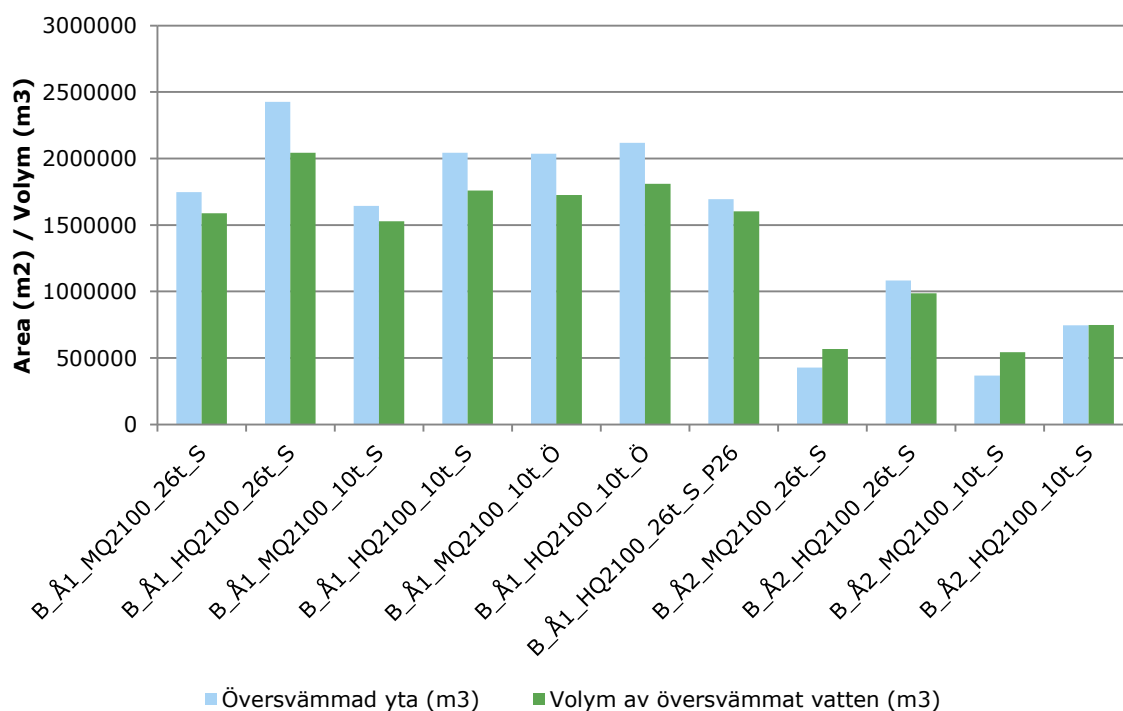
5.1 Generellt

För hela modellområdet har den totala översvämmade ytan och volymen av det översvämmade vattnet beräknats för de genomförda simuleringarna, se figur 28. Simuleringarna har utförts enligt definitionen i tabell 1 och tabell 2. Det är simuleringen med högflöde i vattendragen och en 26 timmars peak som ger de största översvämningarna. Detta skapar större översvämningar än om portarna står öppna med en 10 timmars peak, vilket betyder att områdena bakom portarna riskerar att bli översvämmade även om portarna är stängda, om flödet i vattendragen är högt.

Översvämningarna blir generellt något större vid högflöde i vattendragen, i förhållande till medelflöde i vattendragen. Även varaktigheten av peaken har betydelse för översvämningarnas storlek. Detta innebär att vid en längre varaktighet av peaken fylls den tillgängliga magasinvolymen upp och områdena bakom portarna blir översvämmade ändå.

Det kan även utläsas ur figur 28 att Åtgärdsförslag 2 minskar den översvämmade ytan markant i förhållande till Åtgärdsförslag 1. Orsaken är att i Åtgärdsförslag 2 skyddas hela Marieholms industriområde och området mellan Gamlestadsvägen och Göta Älv hela vägen upp till Lärjeåns utlopp. Detta kräver dock etablering av en lång skyddsvall längs Göta Älv och Säveån.

Om en pumpstation etableras för att lyfta vattnet över portarna vid högvatten i Göta Älv kan vattennivån i vattendragen hållas nere och stora områden bakom portarna kan undgå översvämning.



Figur 28 Sammanställning av total översvämmad yta samt maximal volym av det översvämmade vattnet inom modellområdet.

5.2 Lågpunkter och riskområden

I detta avsnitt presenteras några utvalda simuleringsresultat. Figurerna är hämtade ifrån de tillhörande kartbilagorna 44-54, se tabell 1 och tabell 2. I kartbilagorna presenteras översvämningresultatet för varje simulering.

I varje kartbilaga finns olika kombinationer av symboler som beskriver olika förutsättningar i den genomförda simuleringen. Nedan finns exempel på symboler och vad de olika symbolerna innebär.



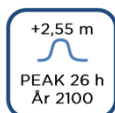
Översvämningresultatet från modellområde B



Åtgärdsförslag 1 är implementerat i MIKE 21-modellen. Dvs. att skyddsvallarna är implementerade i MIKE 21-modellen enligt förslag. Detta kan även vara satt till Å2 när Åtgärdsförslag 2 är implementerat.



Flödet i Mölndalsån är satt till dess medelflöde på 4,2 m³/s. Motsvarande anges även för Säveån



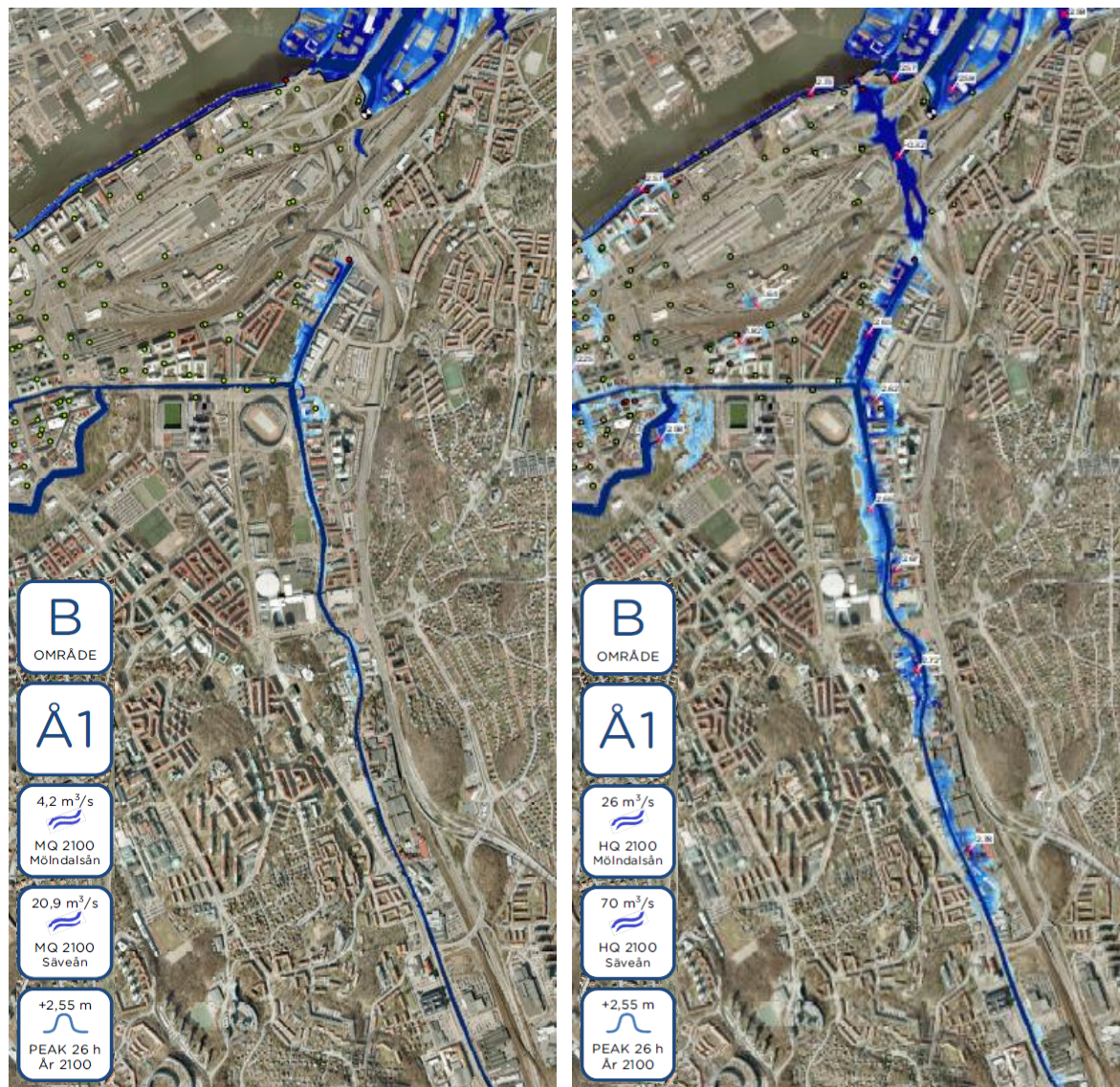
Peaken i Eriksberg når upp till +2,55 m RH2000 och har en varaktighet på 26 timmar. Detta motsvarar en extrem nivå år 2100.



Det finns två pumpstationer med en total pumpkapacitet på 26 m³/s i den genomförda simuleringen.

I figur 29 presenteras resultat ifrån två simuleringar enligt Åtgärdsförslag 1 med medelflöde och högflöde i vattendragen. Till vänster visas resultatet från simulering av medelflöde i vattendragen. Översvämningarna uppstår främst i direkt anslutning till Mölndalsån, Gullbergsån och Göta Älv. Till höger presenteras resultatet från simulering för högflöde i vattendragen. Vid högflöde blir översvämningarna mer omfattande längs Mölndalsån och Gullbergsån. Vattennivån i Gullbergsån stiger så högt att vattnet kan rinner ner till E6/E20 och översvämma Tingstadstunneln. Denna översvämning blir inte lika omfattande vid simulering med 10 timmars varaktighet på peaken, men risken för översvämning finns ändå.

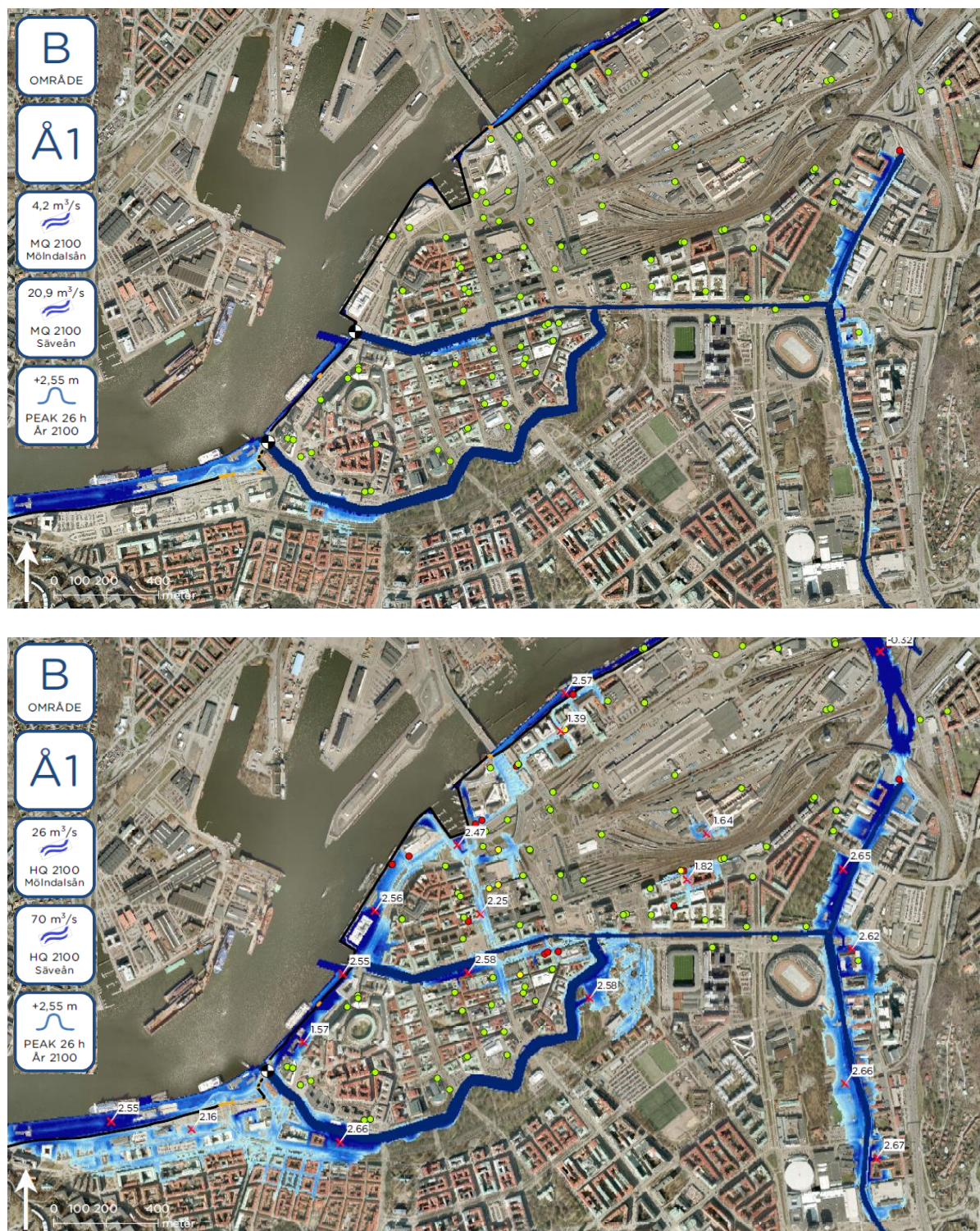
Längs Gullbergskajen översvämmas den del som ligger utanför cykelvägen, eftersom det är cykelvägen som används som skyddsvall.



Figur 29 Maximal översvämning i Område B, vid medel och högflöde i vattendragen och en 26 timmar peak upp till extrem nivå år 2100.

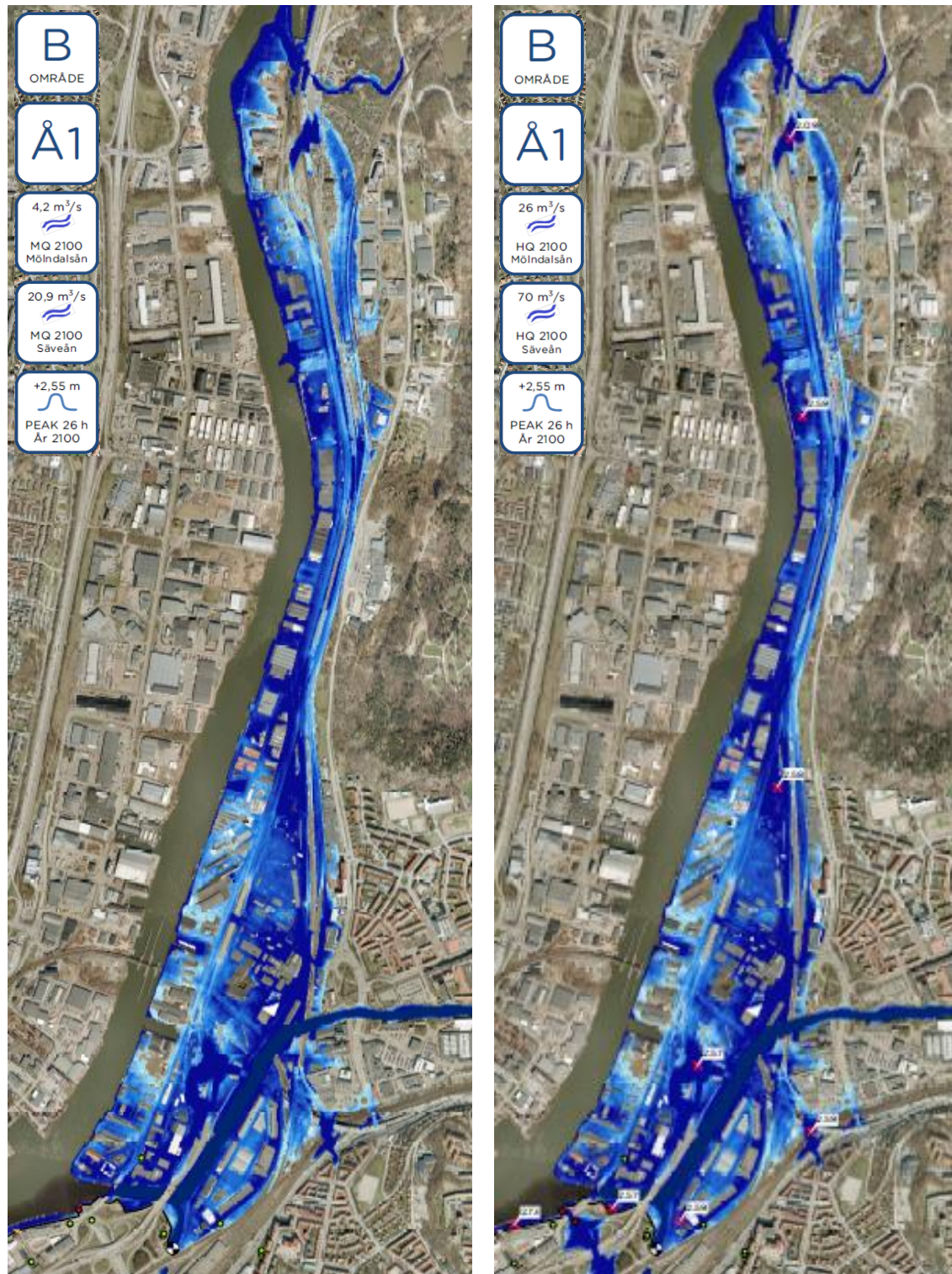
I figur 30 presenteras samma resultat som tidigare för den västra delen av modellen, över den centrala delen av Göteborg. Till vänster presenteras resultatet från simulering med medelflöde i vattendragen och då översvämmas Pusterviksplatsen, Södra Hamngatan och Masthuggskajen. Masthuggskajen översvämmas medvetet, eftersom skyddsvallen etableras längs Andréegatan. Till höger presenteras resultat från simulering med högflöde och då översvämmas Masthugget även bakom skyddsvallarna eftersom Vallgraven översvämmas vid Pustervik och översvämningen sprider sig därifrån västerut. Även de norra delarna av Haga drabbas av översvämningar. Trädgårdsföreningens trädgårdspark översvämmas väster om Gamla Ullevi. Vattnet rinner över kanten av Norra Hamnkanalen och översvämningarna sprider sig norrut och översvämmas Packhusplatsen, Göteborgsoperan, Lilla Bommen och de sydvästliga delarna av Hultmans Holme. Även dessa områden är bakom skyddsvallarna, men eftersom kajkanten till Norra Hamnkanalen i höjd med Packhusplatsen är låg, kan vattnet rinna in bakom skyddsmurarna här. Östra Hamngatan översvämmas också.

Avloppssystemet överbelastas då Mölndalsån och Gullbergsån översvämmas och vattnet kan tränga ner i avloppssystemet via rännstensbrunnarna. Därför uppstår översvämningar ifrån avloppssystemet på Stampen och Gullbergsvass vid Kruthusgatan.



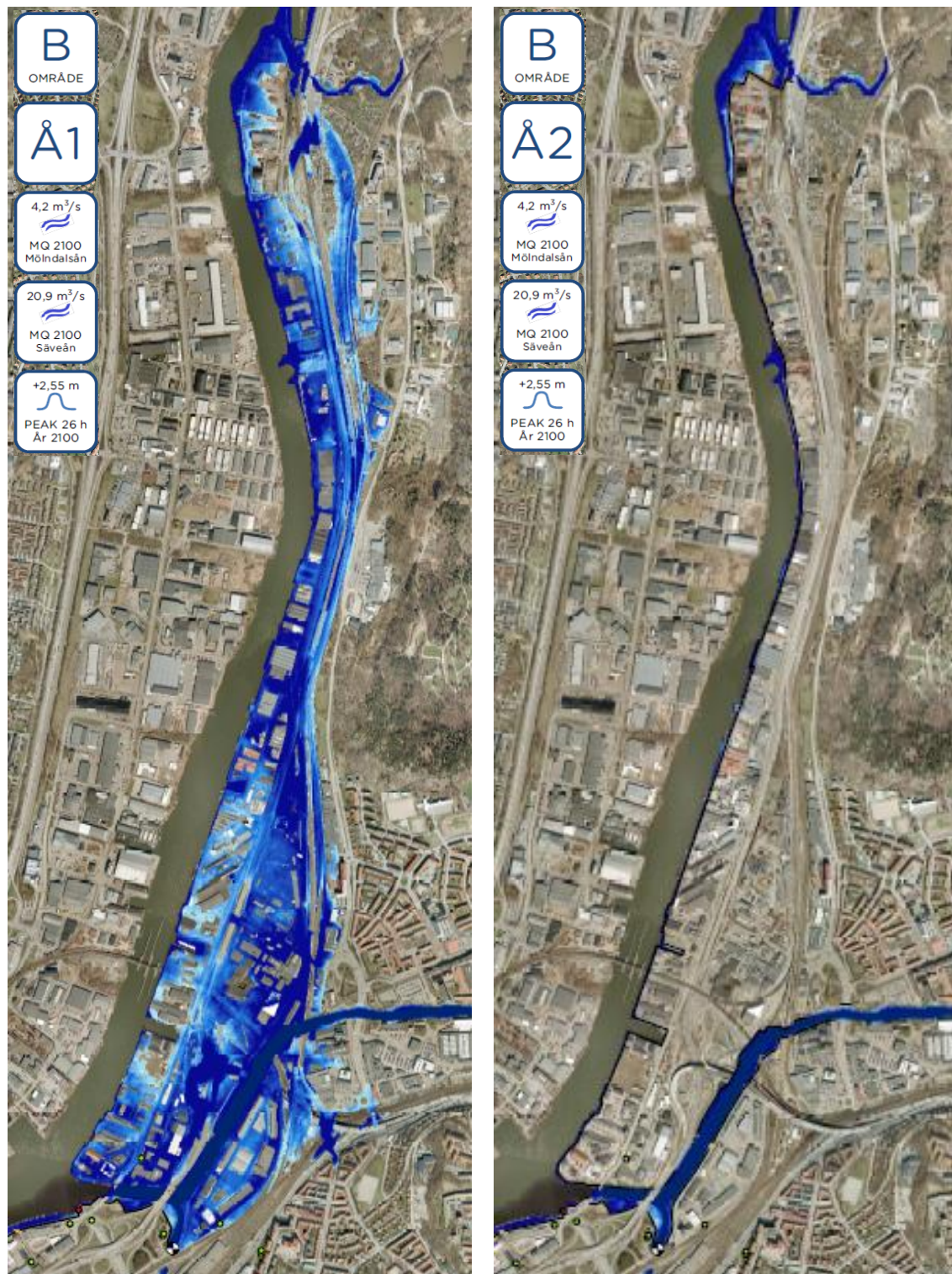
Figur 30 Maximal översvämning i Område B, med medel och högflöde i vattendragen och en 26 timmars peak upp till extrem nivå år 2100.

I figur 31 presenteras samma resultat som tidigare för den norra delen av modellen, över Marieholms industriområde och området mellan Gamlestadsvägen och Göta Älv upp till Lärjeåns utlopp. Översvämningen utbredning blir i stort sett densamma oberoende av flödet i vattendragen. Orsaken är att översvämningens utbredning i huvudsak avgörs av hur långt upp peaken stiger under simuleringen, och den är densamma i båda simuleringarna. Den lilla skillnad som finns orsakas av att simuleringen genomförs med medelflöde och högflöde i Göta Älv, men detta har en mindre betydelse i de givna scenarierna.



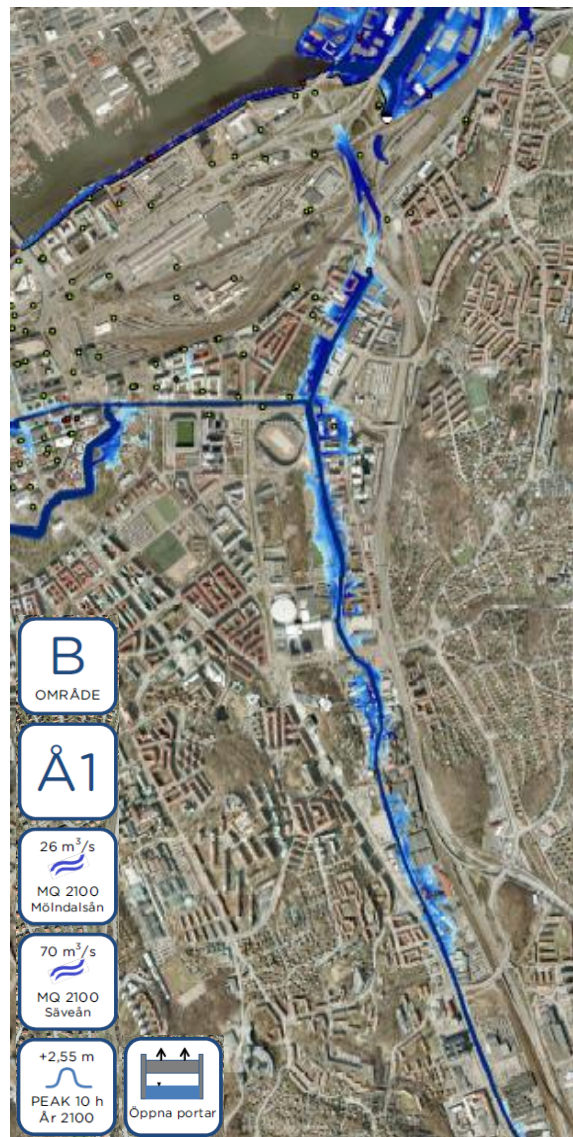
Figur 31 Maximal översvämning i Område B, med medel och högflöde i vattendragen och en 26 timmars peak upp till extrem nivå år 2100.

Figur 32 visar att översvämningar av Marieholms industriområde och området mellan Gamlestadsvägen och Göta Älv kan tas bort helt genom att etablera en skyddsmur enligt Åtgärdsförslag 2. Området översvämmas inte från Sävån, eftersom skyddsmurar etableras längs Sävån upp till Gamlestadsvägen.



Figur 32 Maximal översvämning i Område B, med medelflöde i vattendragen och en 26 timmars peak upp till extrem nivå år 2100. Här visas skillnaden i översvämning mellan Åtgärdsförslag 1 och 2.

Om portarna inte skulle etableras, eller om de skulle vara ur funktion, skulle översvämningen vid en 10 timmars peak vid en framtida extremnivå och högflöde i vattendragen, ha utbredningen enligt figur 33 och figur 34. Detta visar att skyddsvallarna i sig själva skyddar stora områden av Gullbergsvass från översvämning, eftersom en skyddsmur etableras längs Gullbergskajen, där nivån är låg och högvattennivå i Göta Älv skulle orsaka stora översvämningar, jämför resultat från simulering i rapport 1320001782-05-006. Även om Pustervik och den norra delen av Haga översvämmas så skyddar skyddsvallarna stora delar av Masthugget från översvämning. Omfattande översvämningar uppstår dock längs Mölndalsån och Gullbergsån. E6/E20 översvämmas även om de nuvarande skyddsåtgärderna etableras.



Figur 33 Maximal översvämning i Område B, med högflöde i vattendragen, en 10 timmars peak upp till extremnivå år 2100 och öppna portar.



Figur 34 Maximal översvämning i Område B, med högflöde i vattendragen, en 10 timmars peak upp till extremnivå år 2100 och öppna portar.

Genom att etablera två pumpstationer på totalt $26 \text{ m}^3/\text{s}$, en på $13 \text{ m}^3/\text{s}$ vid Norra Hamnkanalens utlopp i Göta Älv och en på $13 \text{ m}^3/\text{s}$ vid Gullbergsån utlopp till Sävån, skulle översvämningarna längs vattendragen innanför skyddsvallarna i Åtgärdsförslag 1 i stort sett helt elimineras. Det uppstår fortfarande översvämningar i låglänta områden längs Mölndalsån och Gullbergsån. Det bedöms att dessa kan undgåas med lokalt riktade åtgärder.



Figur 35 Maximal översvämning i Område B, med högflöde i vattendragen, en 26 timmar peak upp till extremnivå år 2100 och två pumpstationer på var 13 m³/s vid Norra Hamnkanalens och Gullbergsåns utlopp.

5.3 Pumpning

Det finns en viss magasineringsvolym i vattendragen bakom skyddsvallarna. Simuleringar har visat att med medelflöde i Mölndalsån kan vattnet magasineras bakom portarna under en längre tid. Om flödet i Mölndalsån däremot stiger, finns stor risk för översvämningar bakom portarna och då är det nödvändigt att etablera en pumpstation för att lyfta vattnet förbi portarna. Simuleringarna har visat att om två pumpstationer på vardera 13 m³/s etableras för att kunna pumpa vid högflöde, kan vattennivån hållas nere. Sannolikheten för att en extrem havsnivå uppstår samtidigt med ett högflöde är troligtvis låg. Detta borde dock undersökas närmare.

I Område C finns 9 stycken dagvattenutlopp till Göta Älv. I simuleringsuppdrag 1a genomfördes simulering av avloppssystemet i Område C med ett CDS 10 års regn, som är det dimensionerande regnet för ett dagvattensystem. I tabell 11 finns en sammanställning av de individuella utloppens maximala flöde ut till Göta Älv vid normal vattennivå. Denna uppställning är oberoende av åtgärdsförslag, eftersom Åtgärdsförslag 2 endast är en utvidgning av Åtgärdsförslag 1.

För simuleringsuppdrag 3a har information angående övriga dagvattenutlopp längs Göta Älv utanför Område C inte funnits tillgängliga, då de inte har varit en del av den uppställda MIKE Urban modellen. Om avrinningsområdena till dessa dagvattenutlopp hade varit kända, skulle den nödvändiga pumpkapaciteten kunnat uppskattas för ett dimensionerande regn.

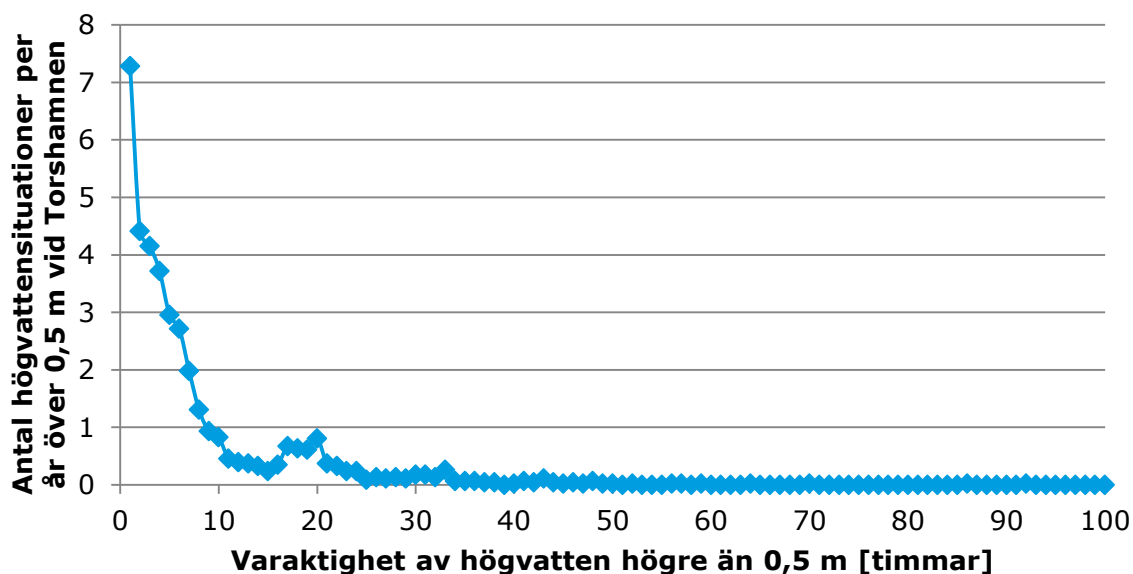
Utlopp	Maximalt flöde vid CDS 10 års regn
ADD2371	20 l/s
ADD2372	140 l/s
ADN17133	320 l/s
ADIN17141	2 010 l/s
ADD1479	90 l/s
ADD1482	110 l/s
ADIN7905	2 660 l/s
ADD7901	1 540 l/s
ADD1507	820 l/s
Totalt	7 710 l/s

Tabell 11 Sammanställning av maximalt flöde för utlopp till Göta Älv i Område C vid simulering med CDS 10 års regn

5.4 Stängningstid för portar

Stängningstiden för portarna varierar, dels eftersom varaktigheten av peaken har varit olika i simuleringarna, men också eftersom portarna tillåts vara delvis öppna då vattennivån bakom portarna blir högre än framför portarna, se tabell 12. Vid simulering med en 26 timmars peak och medelflöde i vattendragen håller portarna stängt i 20 timmar. Om det istället är högflöde i vattendragen släpper portarna i stort sett hela tiden igenom vatten, eftersom högflödet är så högt att översvämningarna annars skulle bli mer omfattande. För simulering med en 10 timmars peak hålls portarna stängda i ungefär 8 timmar vid medelflöde och 7 timmar vid högflöde.

En analys för varaktigheten och antalet högvattensituationer över 0,5 m vid Torshamnen har genomförts, se figur 36. En vattennivå på 0,5 m vid Torshamnen idag, motsvarar en nivå på 1,35 m vid Eriksberg år 2100. En mindre topp kan utläsas vid omkring 20 timmar, vilket troligtvis orsakas av tidvattencykler som har en återkomsttid på omkring 20 timmar. Det genomsnittliga antalet högvattensituationer över 0,5 m vid Torshamnen idag är 38 stycken, vilket ger en återkomsttid på omkring 10 dagar. Detta motsvarar den förväntade stängningsfrekvensen för portar mot Göta Älv år 2100.



Figur 36 Antal högvattensituationer över 0,5 m vid Torshamnen och dess varaktighet per år. 0,5 m vid Torshamnen motsvarar en nivå på 1,35 m vid Eriksberg år 2100. Det genomsnittliga antalet högvattensituationer är 38 per år, vilket ger en återkomsttid på omkring 10 dagar.

Scenario	Stängningstid för portar
B_Å1_MQ2100_26t_S	20 h
B_Å1_HQ2100_26t_S	0 h *
B_Å1_MQ2100_10t_S	8 h
B_Å1_HQ2100_10t_S	7 h
B_Å2_MQ2100_26t_S	20 h
B_Å2_HQ2100_26t_S	0 h *
B_Å2_MQ2100_10t_S	8 h
B_Å2_HQ2100_10t_S	7 h

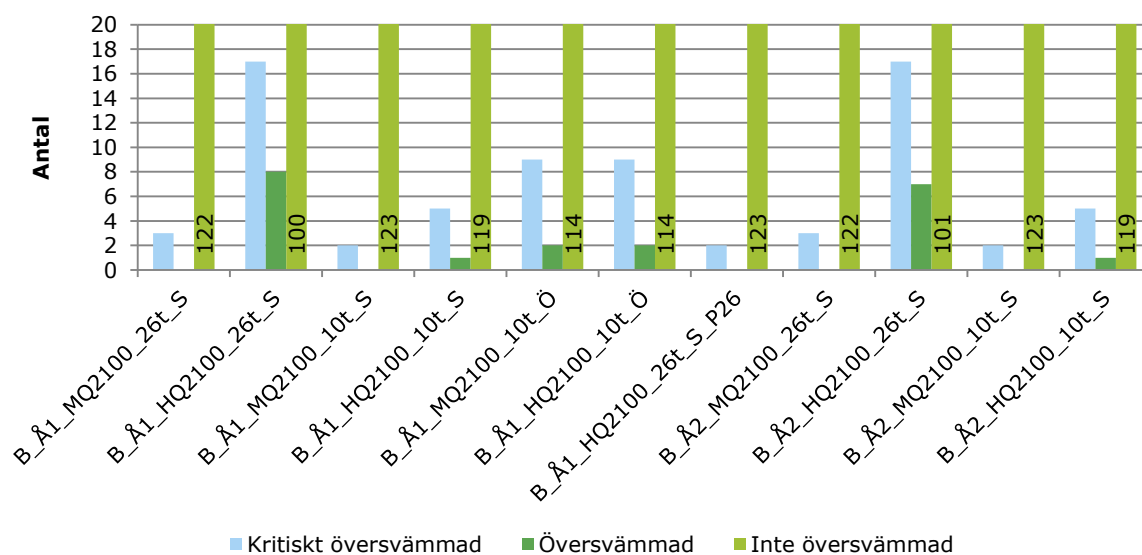
Tabell 12 Uppskattning av stängningstid för portar. * Porten stängs ner, men eftersom det är högflöde i Mölndalsån uppströms så måste porten vara delvis öppen hela tiden för att jämna ut vattennivån uppströms och nedströms.

5.5 Kritiska objekt

Det finns totalt 125 kritiska objekt i Område B. En sammanställning av hur många som översvämmas i varje scenario är presenterat i tabell 13 och figur 37. Flest kritiska objekt blir översvämmade då varaktigheten på peaken är 26 timmar. Flera objekt översvämmas även om portarna inte etableras eller om de är ur funktion. I simuleringsuppdrag 2a genomfördes simulering utan någon åtgärd, och där blev 62 objekt kritiskt översvämmade, 4 översvämmade och 59 blev inte översvämmade. Därmed skyddas många kritiska objekt endast genom att etablera en skyddsmur utefter Göta Älv.

Scenario	Kritiskt översvämmad	Översvämmad	Inte översvämmad
B_Å1_MQ2100_26t_S	3	0	122
B_Å1_HQ2100_26t_S	17	8	100
B_Å1_MQ2100_10t_S	2	0	123
B_Å1_HQ2100_10t_S	5	1	119
B_Å1_MQ2100_10t_Ö	9	2	114
B_Å1_HQ2100_10t_Ö	9	2	114
B_Å1_HQ2100_26t_S_P26	2	0	123
B_Å2_MQ2100_26t_S	3	0	122
B_Å2_HQ2100_26t_S	17	7	101
B_Å2_MQ2100_10t_S	2	0	123
B_Å2_HQ2100_10t_S	5	1	119

Tabell 13 Sammanfattning av antal översvämmade kritiska objekt



Figur 37 Diagram av antal översvämmade kritiska objekt

6. DISKUSSION OCH SLUTSATER

Masthugget, Haga, Inom Vallgraven, Nordstaden och Hultmans Holme och Gullbergsvass kan undgå översvämning vid högvatten i Göta Älv genom att etablera en skyddsvall längs Göta Älv och portar vid vattendragens utlopp till Göta Älv. Mindre översvämningar uppstår dock längs Mölndalsån och Gullbergsån. Förutom två kritiska objekt på Marieholms industriområde så skyddas de kritiska objekten i Centrala Göteborg genom denna lösning. Om det dessutom är medelflöde i Mölndalsån är magasinvolymen i vattendragen bakom skyddsvallarna tillräcklig för att undgå omfattande översvämningar. Om flödet däremot är högt så riskeras stora översvämningar även med skyddsvallar och portar. För att skydda sig mot högflöde är det nödvändigt att etablera pumpstationer för att lyfta vattnet förbi portarna och ut i Göta Älv.

Då portarna måste hållas stängda när vattennivån är hög i Göta Älv, har varaktigheten av högvatten i Göta Älv en stor betydelse för översvämningsrisken bakom skyddsvallarna. Vid längre varaktighet av högvatten fylls magasinvolymen bakom skyddsvallarna upp och orsakar översvämningar på grund av att flödet från Mölndalsån trycker på.

Att endast etablera skyddsvallar utan portar skyddar stora delar av Hultmans holme och Gullbergsvass från översvämning vid högvatten i Göta Älv, eftersom det är Gullbergskajen ut mot Göta Älv som är låg. Kajen längs Norra Hamnkanalen och Fattighusån är betydligt högre och hindrar vattnet från att översvämma söderifrån. Undantaget är dock kajen vid Packhusplatsen, där kajen är låg. Om det dessutom etableras en skyddsmur här så skulle Packhusplatsen, Göteborgsoperan, norra delarna av Nordstaden och de sydvästliga delarna av Hultmans Holme kunna skyddas mot översvämning även om det är högflöde i Mölndalsån.

Åtgärdsförslag 2 skyddar, förutom samma område som Åtgärdsförslag 1, ett stort område mellan Gamlestadsvägen och Göta Älv, mellan Olskroken och Lärjeåns utlopp till Göta Älv. Det är ett smalt område som kräver en lång skyddsvall om området ska skyddas mot översvämning. Simuleringarna visar att en skyddsvall i detta område och i Centrala Göteborg är översvämningsmässigt oberoende av varandra och därför kan dessa områden utvärderas separat. CBA-analysen får visa om det är ekonomisk försvarbart att skydda detta område mot översvämningar, men mycket tyder på att så är fallet. En stor osäkerhet ligger dock i vad det kostar att etablera denna skyddsvall.

Ett stort tillflöde till Mölndalsån kommer från Stora Delsjön, Stensjön, Rådasjön och Landvettersjön. Regleringen av dessa sjöar har stor betydelse för flödet i Mölndalsån. Då simuleringarna visar att det finns stor risk för översvämning vid högflöde i Mölndalsån även om skyddsvallar och portar etableras, bör styrningen av dessa vattensystem synkroniseras med styrningen av portarna. Det finns en stor magasineringskapacitet i dessa sjöar som skulle kunna användas för att reglera flödet i Mölndalsån vid en högvattensituation i havet.

7. REKOMMENDATIONER

Det bör utredas vilka förutsättningar det finns för att synkronisera styrningen av vattensystemen uppströms Mölndalsån med eventuella portar vid vattendragens utlopp till Göta Älv. Eventuellt kan det vara mer kostnadseffektivt att etablera skyddsvallar i områden i uppströms vattensystem för att kunna utnyttja större magasineringsvolym vid en högvattensituation i havet, än att t.ex. etablera pumpstationer nedströms.

Simuleringsresultaten visar att varaktigheten av högvattensituationen har stor betydelse för översvämningsrisken och därför bör återkomsttiden av högvattensituationer med en lång varaktighet undersökas närmare.

BILAGA 1

REDOVISNING AV KRITISKA OBJEKT