

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 KVILLEBÄCKEN

SIMULERINGSUPPDAG 3B



HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG SIMULERINGSUPPDRAG 3B

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 för Kvillebäcken**

Ref. 1320001782-004
Document ID
Version

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Bakgrund	1
2.	Beräkningar	2
3.	Modelluppbyggnad	6
3.1	Generellt	6
3.2	Simuleringsuppdraget	6
3.2.1	MIKE Urban	8
3.2.2	MIKE 11	11
3.2.3	MIKE 21	13
3.2.4	Kopplad modell	14
3.3	Portar och skyddsvallar	16
3.3.1	Styrningsstrategi för portar	16
3.3.2	Skyddsvallar	17
3.3.3	Åtgärdsförslag	20
3.3.4	Åtgärdsförslag 1	20
3.3.5	Åtgärdsförslag 2	21
3.3.6	Resurser och tidsåtgång för etablering av mobila skyddsvallar	24
4.	Resultat	25
4.1	Generellt	25
4.2	Lågpunkter och riskområden	26
4.3	Pumpning	32
4.4	Stängningstid för porten	32
4.5	Kritiska objekt	33
5.	Diskussion och slutsats	35
6.	Rekommendationer	36

BILAGOR

Bilaga 1

Redovidning av kritiska objekt

1. BAKGRUND

Simuleringsuppdrag 3b syftar att kartlägga översvämningens risk i Kvillebäckens avrinningsområde i ett framtida klimat. De scenarier som studerats är då en normal- respektive högflödessituation sammanfaller med en framtida högvattensituation i havet (200 års händelse) år 2100. Kvillebäckens avrinningsområde är flackt och det finns stor risk för översvämning vid höga havsvattennivåer. Kartläggningen genomförs utifrån föreslagna framtida skyddsåtgärder, där skyddsvalar och portar etableras för att skydda Kvillebäckens avrinningsområde mot översvämning vid hög vattennivå i havet. 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

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.

Nedströms del av Kvillebäckens avrinningsområde består av stora industriområden, blandat med service- och bostadsområden. Längs Göta Älv finns flera hamnbassänger, bland annat Sannegårdshamnen och Frihamnen, som använts vid den tidigare så stora varvsindustrin på Hisingen. Längre från Göta Älv är det mindre bebyggt runt Kvillebäcken och ytterligare norrut så rinner Kvillebäcken genom Sankt Jörgens Park Golf.

Flödet i Kvillebäcken är betydligt mindre än i t.ex. Mölndalsån och Sävveån, men det är starkt beroende av tillströmning från de hårdgjorda ytor som är kopplade till dagvattensystemet i Kvillebäckens avrinningsområde.

2. BERÄKNINGAR

I simuleringsuppdrag 3b har 14 simuleringar genomförts, se tabell 1 och tabell 2. Samtliga simuleringar motsvarar scenarier enligt förväntade klimateffekter år 2100, där havet antas stiga till en nivå på +2,55 m RH2000 och tillbaka igen under 26 respektive 10 timmar. Simuleringarna genomförs både för förväntat medelflöde samt högflöde i Kvillebäcken år 2100. Detta kombineras även med att hålla porten vid utloppet öppen eller stängd, samt att etablera en pumpstation för att ta hand om tillrinnande vatten från Kvillebäcken och hålla nivån nere bakom porten.

Scenario	Modell	Åtgärdsförslag	Peak	Flöde	Port	Pump
AK_Å1_MQ2100_26h_S	A_111	Å1	26 t	Medel	Stängda	Nej
AK_Å1_HQ2100_26h_S	A_112	Å1	26 t	Hög	Stängda	Nej
AK_Å1_MQ2100_10h_S	A_113	Å1	10 t	Medel	Stängda	Nej
AK_Å1_HQ2100_10h_S	A_114	Å1	10 t	Hög	Stängda	Nej
AK_Å1_MQ2100_10h_Ö	A_115	Å1	10 t	Medel	Öppna	Nej
AK_Å1_HQ2100_10h_Ö	A_116	Å1	10 t	Hög	Öppna	Nej
AK_Å1_HQ2100_26h_S_P3	A_117	Å1	26 t	Hög	Stängda	4 m ³ /s

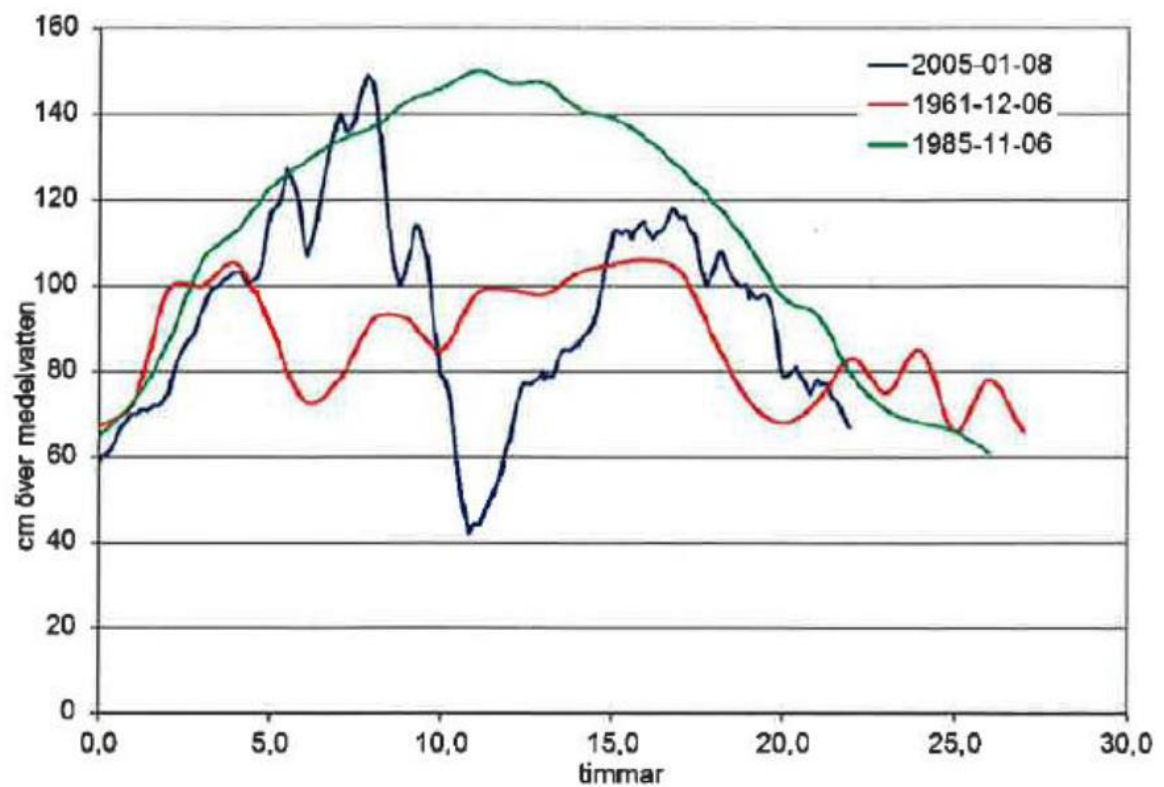
Tabell 1 Översikt av simuleringar som är genomförda för åtgärdsförslag 1

Scenario	Modell	Åtgärdsförslag	Peak	Flöde	Port	Pump
AK_Å2_MQ2100_26h_S	A_121	Å2	26 t	Medel	Stängda	Nej
AK_Å2_HQ2100_26h_S	A_122	Å2	26 t	Hög	Stängda	Nej
AK_Å2_MQ2100_10h_S	A_123	Å2	10 t	Medel	Stängda	Nej
AK_Å2_HQ2100_10h_S	A_124	Å2	10 t	Hög	Stängda	Nej
AK_Å2_MQ2100_10h_Ö	A_125	Å2	10 t	Medel	Öppna	Nej
AK_Å2_HQ2100_10h_Ö	A_126	Å2	10 t	Hög	Öppna	Nej
AK_Å2_HQ2100_26h_S_P3	A_127	Å2	26 t	Hög	Stängda	4 m ³ /s

Tabell 2 Översikt av simuleringar som är genomförda för åtgärdsförslag 2

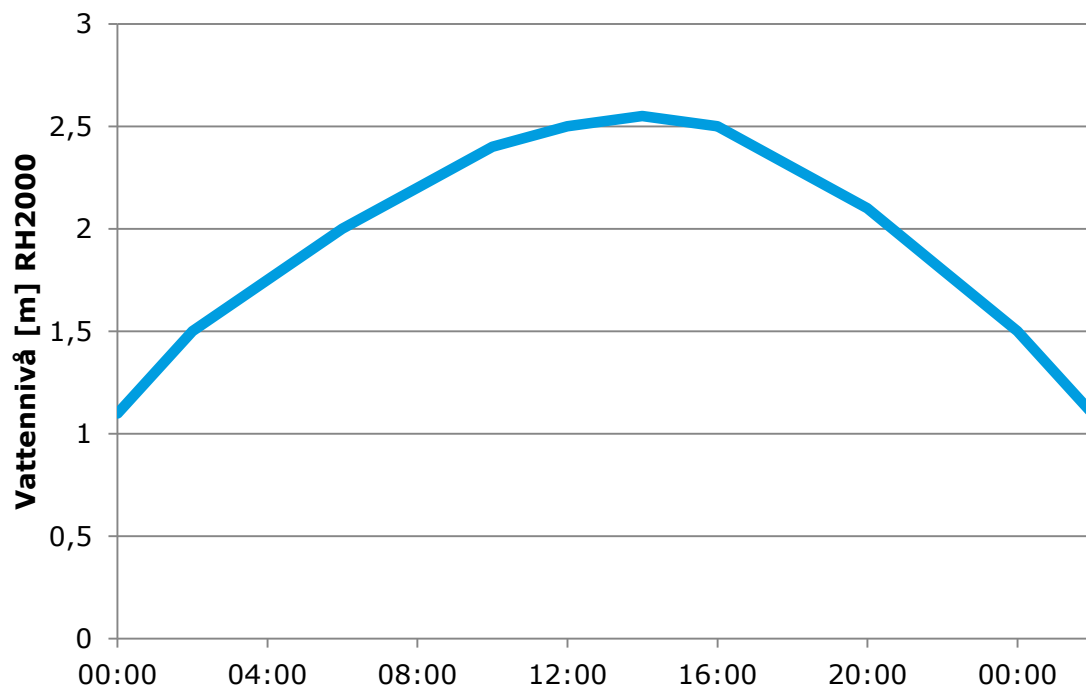
Vattennivån i havet varierar under simuleringen och den hänvisas härnäst som "havsnivå-peak". Den simulerade havsnivåpeaken representerar en högvattensituation i form av en 200 års nivå år 2100 utifrån förväntad klimatutveckling. Förloppet baseras på en verklig högvattensituation som inträffade den 6:e 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 kompensation 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.

Det genomförs simuleringar 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 en högvattensituation likt den som inträffade den 8:e januari 2005, figur 1.

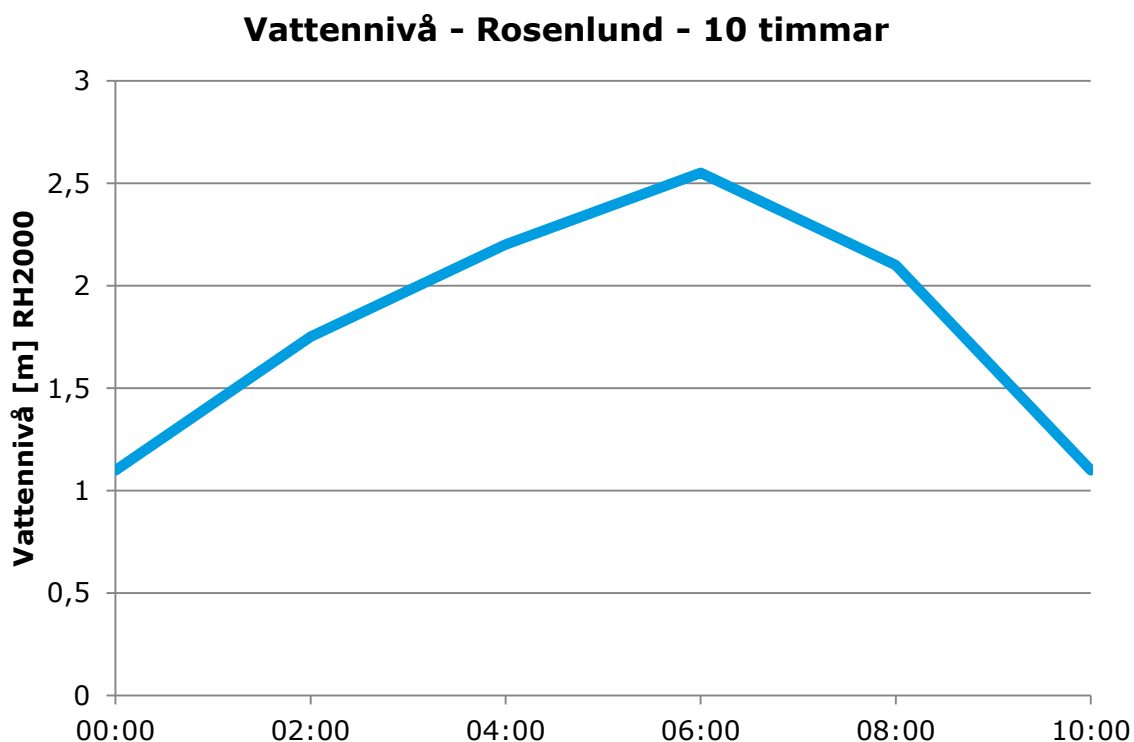


Figur 1 Uppmätt havsvattenstånd i Torshamnen vid tre olika tillfällen. (Klimatanalys för Västra Götalands län, SMHI 2011)

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 havsnivåpeak enligt kurva från 1985-11-06 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. I [ParameterLista] saknades värde för parametrarna "HQ år 2100" och "HHQ år 2100" för Kvillebäcken. Det var i uppdraget angivet att Leverantören skulle ta fram dessa uppgifter. Värde för parametrarna "MQ" på $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ och "HHQ" på $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$ är i [ParameterLista] taget från rapport [Sweco 2008], vilket anses rimliga och de förblir oförändrade. Beställaren har angivit värde på $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ för "MQ år 2100". Detta anses rimligt eftersom det årliga medelflödet i både Mölndalsån och Säveån kommer att vara oförändrad i år 2100, enligt SMHI's Klimatanalys för Västra Götaland.

"HQ år 2100" baseras enligt tidigare revideringar av [ParameterLista] på högvattenföring med 2 års återkomsttid, HQ2 (enligt SMHI Vattenwebb), vilket för Kvillebäcken är $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Beräkningar för framtida flödesförändringar finns i dagsläget inte specifikt för Kvillebäcken. Därför antas förändringen motsvara den som generellt kan förväntas för vattendrag i regionen. Såväl Säveån som Mölndalsån uppvisar en ökning av framtida högvattenföring med ca 30 %, vilket för Kvillebäcken innebär att "HQ år 2100" blir $1,6 \text{ m}^3/\text{s} * 1,3 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$. Såväl Säveån som Mölndalsån uppvisar en ökning av framtida 100-årstillrinning med ca 20 % (enligt figur 5.4-16 och 5.4-17, 75 percentilen, i SMHI Klimatanalys), vilket för Kvillebäcken innebär att "HHQ år 2100" blir $4,6 \text{ m}^3/\text{s} * 1,3 = 5,98 \text{ m}^3/\text{s}$.

För de avrinningsområde som är definierade i MIKE Urban modellen används en konstant regnintensitet på $65 \text{ mm}/\text{dygn}$, vilket motsvarar ett 10 års regn fördelat på ett dygn.

Flöde	Vattendrag	Beteckning	Värde
Medel	Kvillebäcken	MQ2100	0,14 m ³ /s
Medel	Göta Älv	MQ2100	190 m ³ /s
Hög	Kvillebäcken	HQ2100	2 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 ansluten 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 utbredning och med jämna mellanrum definieras vattendragets tvärsnittsyta. 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.

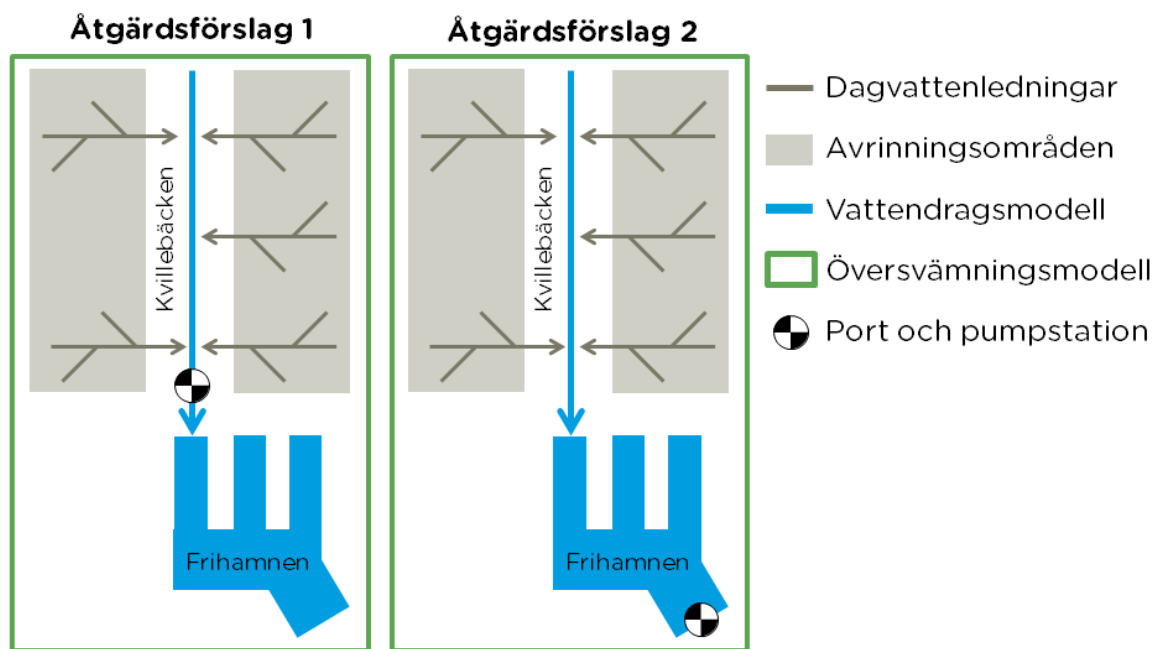
Kopplad modell

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.

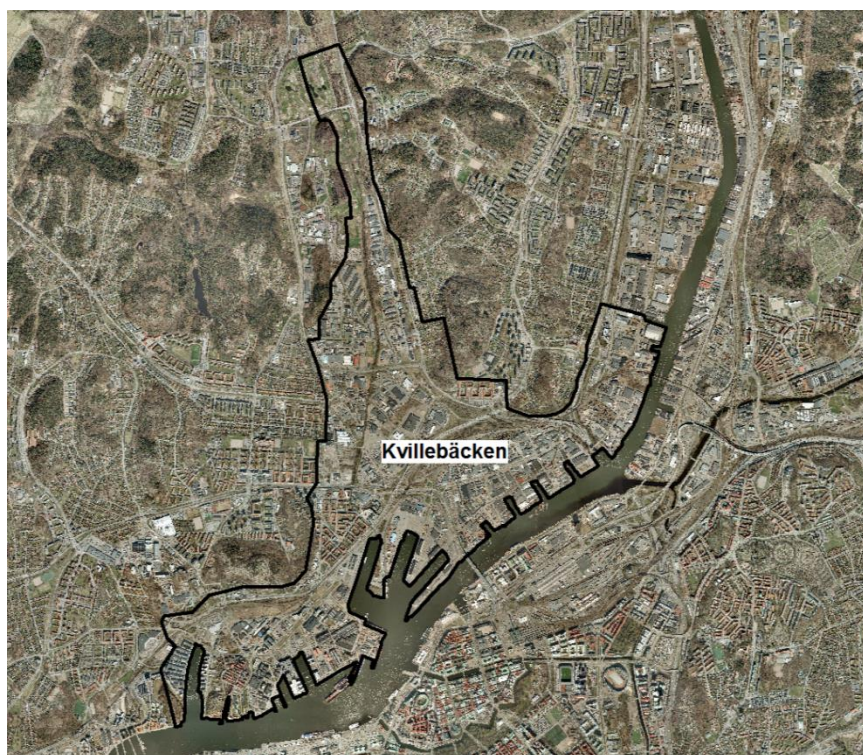
3.2 Simuleringsuppdraget

I simuleringsuppdrag 3b har en ledningsnätsmodell för dagvattenledning, vattendragsmodell och en urban översvämningsmodell byggts upp för Kvillebäcken, se figur 4. Modellerna ska användas till att kartlägga översvämningsrisken längs ån.

En översikt av modellområdet för Kvillebäcken presenteras i figur 5. Modellområdet sträcker sig en bit både uppströms och nedströms Göta Älv. Den är avskuren vid två punkter där terrängen är omkring +2,55 m eller högre, eftersom områdena utanför inte påverkas nämnvärt av Kvillebäckens flöde utan endast av vattennivån i Göta Älv.



Figur 4 Princip skiss av modelluppsättning för Kvillebäcken. Observera att pumpstationen inte finns med i alla scenarier, utan då finns endast porten.

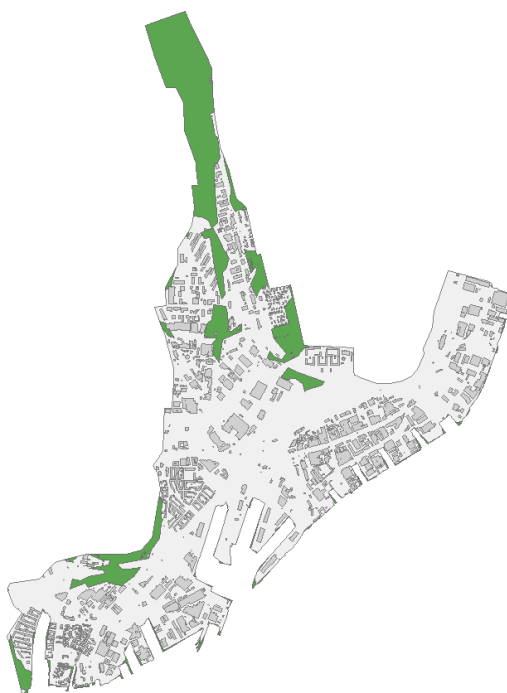


Figur 5 Översikt av modellområde (Område A) för Kvillebäcken.

I Område A för Kvillebäcken utgörs markanvändningen till 69 % av hårdgjord yta och 17 % av byggnader, se tabell 4. Endast 14 % är natueryta. I figur 6 kan den geografiska fördelningen av de olika typerna av markanvändning utläsas.

Markanvändningskategori	Area	Andel
Byggnader	118,4 ha	17 %
Hårdgjord yta	467,1 ha	69 %
Naturyta	97,7 ha	14 %
Totalt	683,2 ha	100 %

Tabell 4 Area och andel av olika markanvändningskategorier i Område A för Kvillebäcken.



Figur 6 Översikt av markanvändning i Område A för Kvillebäcken. Naturyta är markerad med grön färg, byggnader är markerade med mörkgrå färg och hårdgjord yta är markerad med ljusgrå färg.

3.2.1 MIKE Urban

Det fanns ingen existerande modell över dagvattensystemet i Kvillebäckens avrinningsområde. Därför har Ramböll byggt upp en MIKE Urban modell, baserat på Kretslopp och Vattens ledningsdatabas. I dessa data fanns position av nedstigningsbrunnar och dagvattenledningar. För brunnarna fanns information angående bottennivån av brunnen. Höjden för brunnens terrängnivå saknades och därför har dessa data hämtats från den digitala höjdmodellen. Information om brunnarnas diameter saknades och därför har en diameter på 1 m antagits. För de brunnar där bottennivån saknades har den interpolerats fram utifrån uppströms och nedströms brunn. Om information om bottennivån har saknats för ett större område har bottennivån antagits vara ca. 1,5 m under höjden i höjdmodellen, med linjärt fall mot utloppet.

För dagvattenledningarna fanns information angående ledningens dimension och material. Om dimensionen saknades har uppströms ledningsdimension antagits. Om materialtypen saknades har den antagits från uppströms ledning eller antagits vara av betong. Alla ledningar har antagits vara cirkulära, eftersom annan information saknades i ledningsdatabasen.

Avrinningsområdena är uppbyggda utifrån fastighetskartan inom modellområdet. För dessa avrinningsområden har andelen hårdgjorda ytor beräknats utifrån digital information angående hus och vägar i Område A för Kvillebäcken, se tabell 5. Den digitala informationen om hus och vägar mottogs från SBK den 25 februari 2014.

Markanvändning	Avrinningskoefficient
Hus	90 %
Väg	80 %
Övrigt	10 %

Tabell 5 Använda avrinningskoefficienter vid beräkning av andel hårdgjorda ytor för avrinningsområdena.

Tre dagvattenledningar rinner in i det kombinerade avloppsledningsnätet och därför har dessa ledningar försatts med utlopp vid den brunn som har utlopp i den kombinerade ledningen. Detta gäller följande brunnar:

- ADN3894
- ADN3709
- ADN3693

Vid Herkulesgatan finns en pumpstation som både pumpar dagvatten och kombinerat avloppsvatten. Modelltekniskt lades en pumpstation till i brunn ADN3543 som pumpar ut i Kvillebäcken. Den verkliga pumpstationen är uppdelad i två delar. Den första delen pumpar endast vatten från det kombinerade avloppsledningsnätet. Vi lågintensiva regn, som antas i scenarierna i simuleringsuppdrag 3b, bedöms ingen bräddning krävas vid pumpstationen. Den andra delen av pumpstationen pumpar dagvatten från dagvattensystemet. Därutöver pumpar den även eventuellt bräddvatten från den första delen av pumpstationen. Dagvattenpumpstationen består av en mindre pump på 900 l/s och därutöver några större med en samlad pumpkapacitet på 7000 l/s. Eftersom det kombinerade avloppsledningsnätet inte är beskrivet i modellen, och det är bedömt att det inte sker bräddning vid det givna scenariet, har det antagits att 100 % av pumpkapaciteten i den andra delen kan användas för att pumpa bort dagvatten från Frihamnsviadukten.

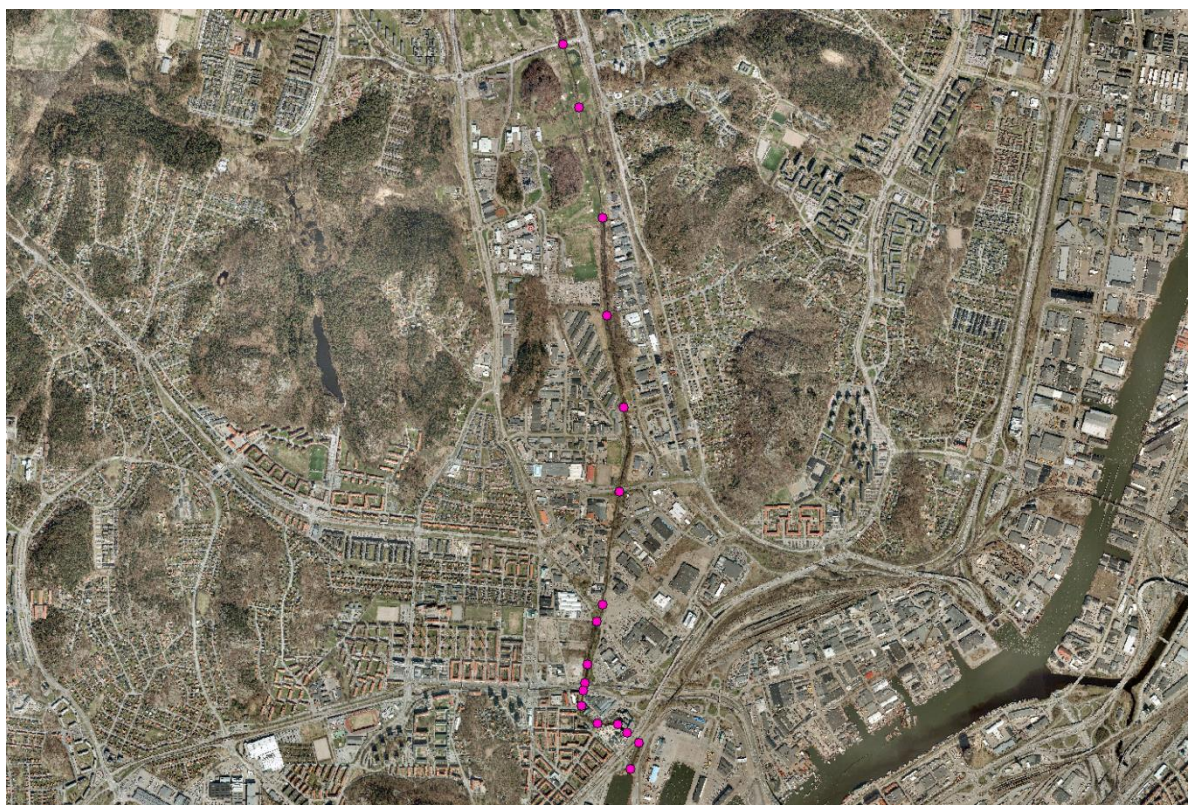
Från ADN41307 (Node_1804) till ADT942 (Node_2496), i Frihamnsviadukten, saknades flera vattengångar. Därför har lutningen från ADN41307 (Node_1804) antagits vara linjärt ner till ADT942 (Node_2496) med en lutning på 0,1 %.

3.2.2 MIKE 11

MIKE 11-modellen för Kvillebäcken startar i höjd med Snarberget och sträcker sig hela vägen ner till utloppet i Frihamnen.

Inom ramen för uppdraget utfördes fältinmätningar av Kvillebäckens tvärsnitt på 17 ställen från Finlandsvägen till Frihamnen med hjälp av GPS, se figur 9. Primärt mättes tvärsnittet vid broarna, eftersom det är dessa som potentiellt hydrauliskt begränsande. Även underkanten av broarna mättes upp för att kunna beskriva genomströmningstvärsnittet under broarna. I den södra delen av Kvillebäcken finns flera broar med korta mellanrum. Längre uppströms är det längre mellan broarna och här uppmättes även några öppna tvärsnitt med jämna mellanrum.

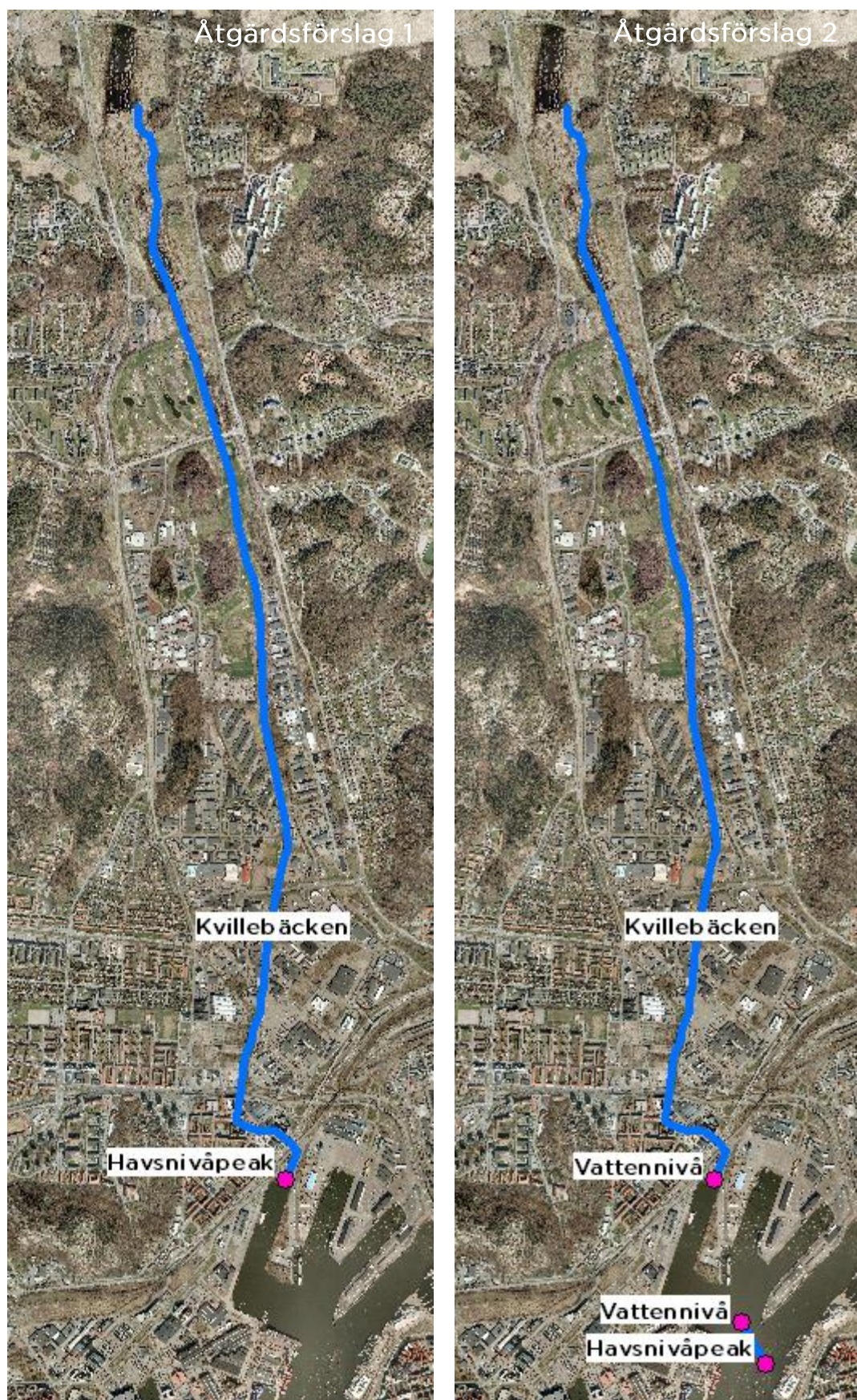
De uppmätta tvärsnitten lades in i MIKE 11 modellen för de givna tvärsnitten. Baserat på de uppmätta tvärsnitten interpolerades de mellanliggande tvärsnitten fram med kortare mellanrum, vilket gör det möjligt för modellen att bättre simulera vattennivån och flödet i ån. Broar och andra överbyggda passager lades in som kulvertar i MIKE 11 modellen. Manningstal för Kvillebäcken är satt till 30 för hela ån.



Figur 9 Mätpunkter som uppmättes med GPS längs Kvillebäcken.

Vid Snarberget ansätts ett randvillkor som beskriver flödet i Kvillebäcken under simulering. I åtgärdsförslag 1 har MIKE 11 modellen sitt utlopp till Frihamnen och där kopplas denna till MIKE 21 modellen, se figur 10. Strax utanför Frihamnen ansätts ett randvillkor till MIKE 21 modellen som motsvarar havsnivåpeaken. Detta betyder att Kvillebäckens utlopp i stort sett varierar likt havsnivåpeaken under simulering. I åtgärdsförslag 2 läggs en liten sträcka in i MIKE 11 modellen som beskriver porten som stänger av Frihamnen. Portens utlopp i Göta Älv varierar därmed med havsnivåpeaken som ansätts i Göta Älv, medan portens utlopp till Frihamnen varierar beroende på Kvillebäckens tillflöde till Frihamnen. Vattenvolymen i Frihamnen beskrivs därmed inte av MIKE 11 modellen, utan en liten del av MIKE 21 modellen.

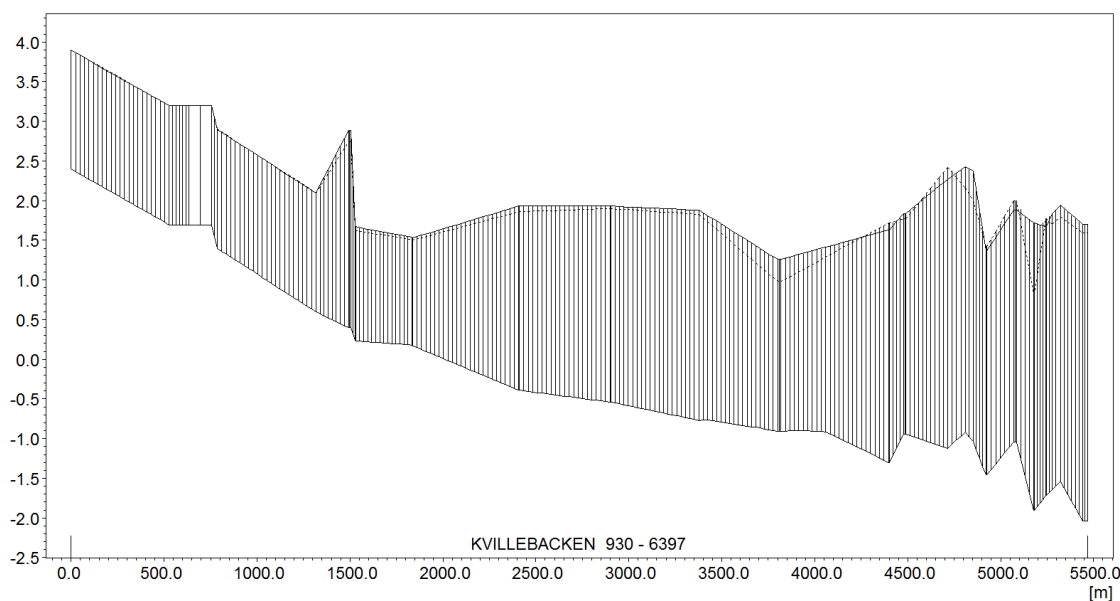
I tabell 6 finns en översikt av olika utvalda stationer i MIKE 11-modellen. En längdprofil längs Kvillebäcken presenteras i figur 11.



Figur 10 Översikt av Kvillebäcken i MIKE 11 modellen.

Vattendrag	Punkt	Station	Bottennivå (RH2000)
Kvillebäcken	Snarberget	930	+0,43 m
Kvillebäcken	Finlandsvägen	2456	+0,24 m
Kvillebäcken	Minelundsvägen	4748	-0,91 m
Kvillebäcken	Hjalmar Brantingsgata	5761	-0,92 m
Kvillebäcken	Lundbyleden	6253	-1,54 m
Kvillebäcken	Frihamnen	6397	-2,04 m

Tabell 6 Sammanställning av utvalda stationer längs Kvillebäcken



Figur 11 Längdprofil för Kvillebäcken från norr mot söder, dvs. Snarberget ligger till vänster i bild och utloppet i Frihamnen till höger.

3.2.3 MIKE 21

Det har byggts upp en MIKE 21-modell för Kvillebäcken. Byggnaderna har rektifierats i höjdmodellen och därefter har den konverterats till en MIKE 21-modell. Höjdmodellen är uppbyggd utifrån SBK:s laserscanning av Göteborg som mottogs den 6 november 2013. Denna laserscanning har en upplösning på 0,5 m i plan. Den uppbyggda MIKE 21-modellen för Område B har en upplösning på 4 m i plan.

Byggnaderna har rektifierats in i MIKE 21-modellen med hjälp av digital information angående de individuella husens takhöjd. Detta möjliggör för vattnet att strömma runt byggnaderna.

Skyddsbarriärerna för Tingstadstunneln är inlagda i MIKE 21-modellen manuellt, eftersom viss information går förlorad när höjdinformationen konverteras från 0,5 m till 4 meters upplösning. Information angående Trafikverkets skyddsbarriärer är hämtat från "Instruktioner - Åtgärder vid högt vatten och hård vind - version 0.9 - 2012-10-01". Där beskrivs var skyddsbarriärerna finns och att de ska skydda upp till +2,4 m RH2000.

Flödet i Göta Älv kopplas som övre randvillkor till MIKE 21-modellen, se figur 12. Som nedströms rand kopplas en vattennivå, som kan beskriva eventuell havsnivå stigning i havet.



Figur 12 Översikt av MIKE 21-modellen som används vid simulering av Kvillebäcken. Den blå linjen visar var nedströms vattennivå kopplas till MIKE 21-modellen som ett randvillkor. Den röda linjen visar var uppströms flöde kopplas till MIKE21-modellen som ett randvillkor.

3.2.4 Kopplad modell

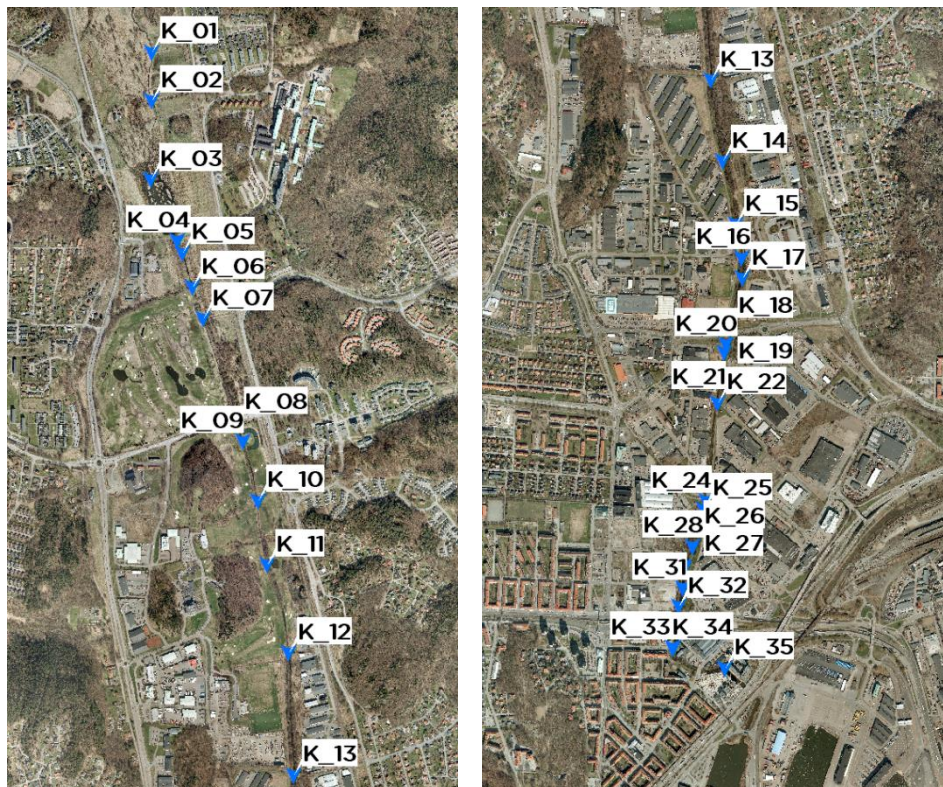
För modelluppsättningen för Kvillebäcken kopplas MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21-modellen ihop till en modell som kan utväxla vatten med varandra. Först har MIKE Urban och MIKE 21 kopplats ihop via MIKE Urban. När en simulering startas från MIKE Urban skapas de nödvändiga filerna som behövs vid simulering mellan MIKE Urban och MIKE 21. Kopplingen mellan MIKE Urban och MIKE 11 samt mellan MIKE 11 och MIKE 21 utförs från DHI programmet MIKE Zero.

När MIKE Urban kopplas till MIKE 21, måste olika kopplingsparameterar definieras för varje nedstigningsbrunn. De använda kopplingsparametrarna är presenterade i tabell 7. Därmed kan vatten från MIKE 21-modellen rinna ner i MIKE Urban modellen via dessa kopplingspunkter som är 8 x 8 m. Om vattnet dämmer upp i ledningarna i MIKE Urban-modellen kan vatten från MIKE Urban pressas upp på MIKE 21-modellen.

Parameter	Konstant
Coupling Method	Orifice Equation
Max flow	0,5 m ³ /s
Inlet Area	0,16 m ²
Qdh faktor	0,05
Antal kopplade celler	355

Tabell 7 Parametrar för koppling mellan MIKE Urban och MIKE 21-modellen

När MIKE Urban och MIKE 21 är sammankopplade via MIKE Urban kan kopplingsfilerna öppnas i MIKE Zero. Här definieras vilken MIKE 11-modell som ska kopplas till MIKE Urban och MIKE 21. MIKE Urban-modellen kopplas till MIKE 11-modellen via utloppen i MIKE Urban-modellen. Alla utlopp som har Kvillebäcken som recipient är kopplade och dessa har döpts om i MIKE Urban-modellen. Före namnet på varje brunn har versalen för recipienten plus ett löpnummer lagts till. Kvillebäckens utlopp heter därmed "K_01", "K_02" osv., se figur 13. Detta gör det enklare att söka upp utloppen då de ska kopplas till MIKE 11-modellen. Det skapar även en bättre översikt av vilka utlopp som är kopplade eller inte.



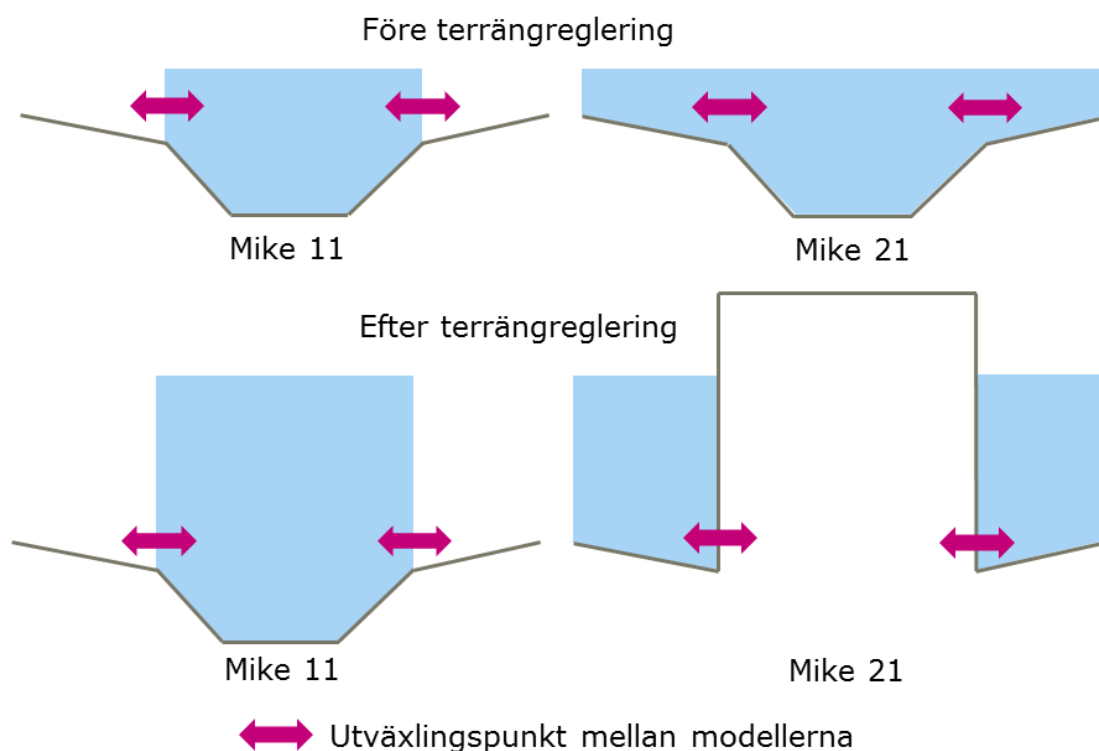
Figur 13 Översikt av utlopp till Kvillebäcken. Dessa utlopp är kopplade till MIKE 11-modellen.

MIKE 11-modellen kopplas till MIKE 21-modellen med kopplingsceller längs vänster och högerkanten av vattendraget, sett i flödesriktningen. I MIKE Zero definieras mellan vilka stationer som de olika vattendragen i MIKE 11-modellen ska vara kopplade till MIKE 21-modellen, se tabell 8. Den del av vattendraget i MIKE 11-modellen som kopplas till MIKE 21-modellen måste ligga innanför MIKE 21-modellens avgränsningsområde.

Vattendrag	Sida	Start stationer	Stop stationer
Kvillebäcken	Västra	930	6142
Kvillebäcken	Östra	930	6142
Kvillebäcken	Västra	6292	6397
Kvillebäcken	Östra	6292	6397

Tabell 8 Redovisning av vilka stationer som är kopplade mellan MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen i modell-uppsättningen för Kvillebäcken.

Cellerna i MIKE 21-modellen, mellan höger och vänster kant av vattendraget i MIKE 11-modellen höjs upp för att vattnet inte ska kunna lagras i MIKE 11 och MIKE 21-modellen samtidigt. Detta skulle kraftigt överskatta MIKE 11-modellens transportkapacitet och därmed underskatta översvämningsrisken. En principiell skiss finns i figur 14. Den översta MIKE 11-modellen visar en lägre vattennivå, eftersom vattnet i vattendraget lagras både i MIKE 11-modellen och i MIKE 21-modellen samtidigt. Vattendraget får därmed beräkningstekniskt dubbelt så stor kapacitet. För att undvika detta höjs alltså terrängen i vattendraget i MIKE 21-modellen, för att vattnet endast ska kunna lagras i MIKE 11-modellen.



Figur 14 Principiell skiss som visar hur vattnet kan sparas i MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen samtidigt. För att förhindra detta har terrängen i MIKE 21-modellen höjts på den ytan som MIKE 11-modellen beskriver.

3.3 Portar och skyddsvallar

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

3.3.1 Styrningsstrategi för portar

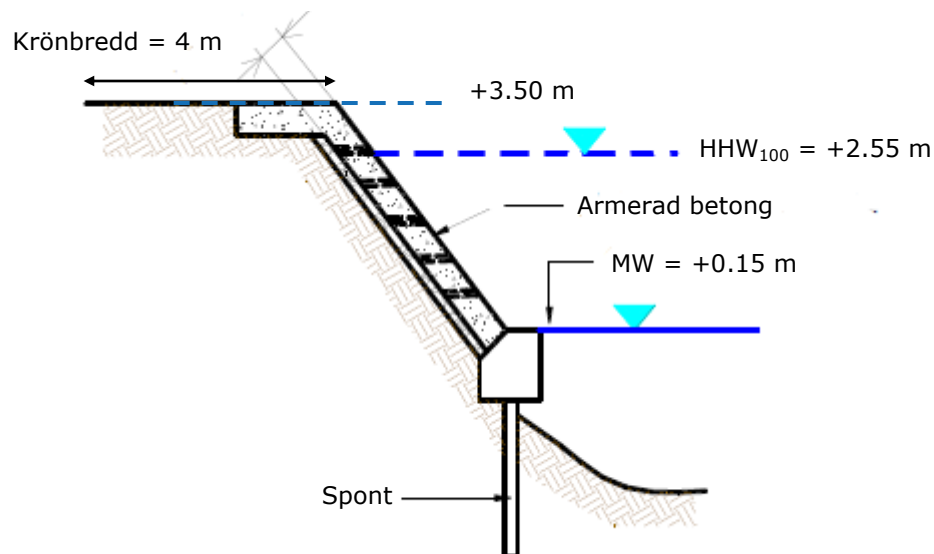
Portarna är inställda på att stänga om vattennivån i Göta Älv överstiger +1,3 m RH2000. Om vattennivån är högre uppströms porten, öppnas den delvis för att jämna ut vattennivån uppströms och nedströms porten. När vattennivån är utjämnad stängs porten igen. Om vattennivån är högre nedströms porten hålls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

3.3.2 Skyddsvallar

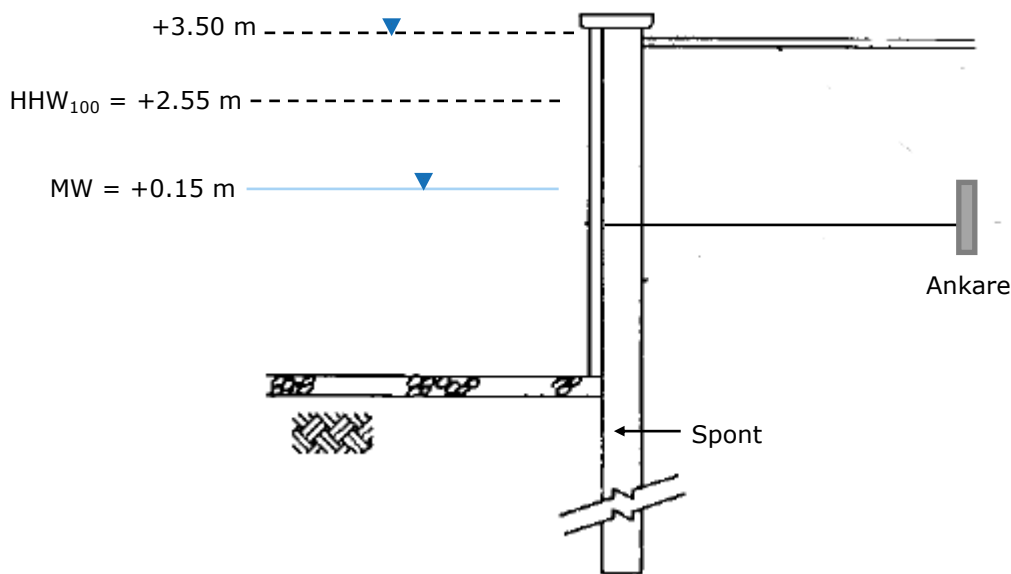
Den maximala peak nivån i Göta Älv är +2,55 m RH2000 vid Rosenlund/Eriksberg. På grund av att flödet i Göta Älv ansätts strax uppströms Lärjeåns utlopp stiger vattennivån från Rosenlund/Eriksberg upp till Lärjeåns utlopp. Skyddsmurarna har därför modelltekniskt etablerats som 4 m höga skyddsvallar, detta 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 15. 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 16. Skyddsvallen etableras som en spont längs kajkanten. För att spanten inte ska falla ut i Göta Älv när det inte är högvatten så förankras den upp med ett jordankare.



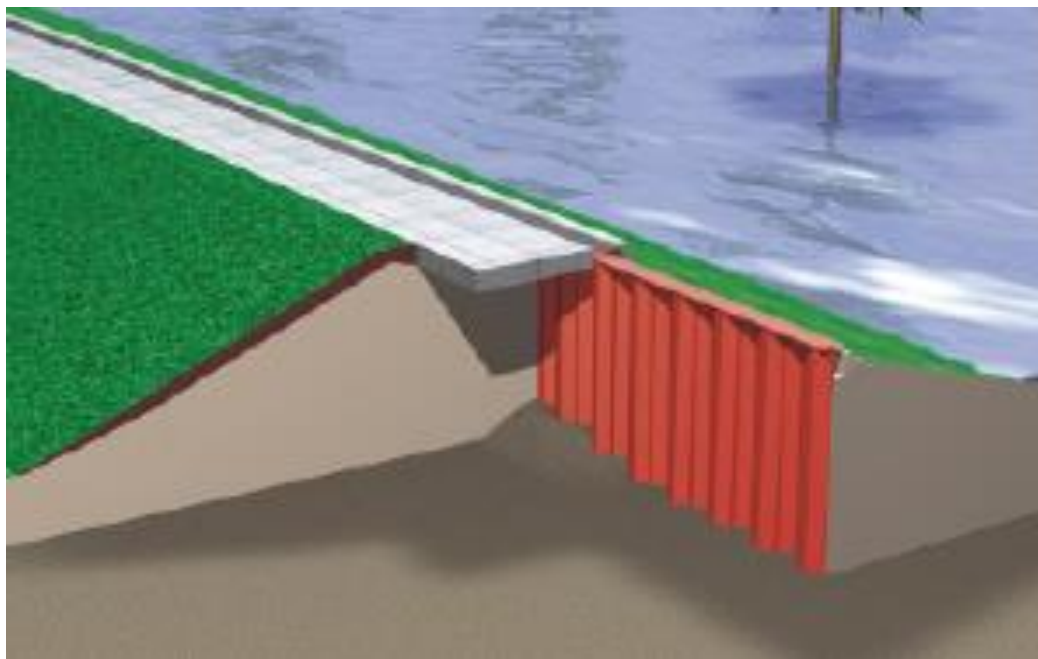
Figur 15 Förslag på skyddsvall som lutar ner mot Göta Älv. Vallen spontas ner vid medelvattennivån och den lutande vallen förstärks med armerad betong.



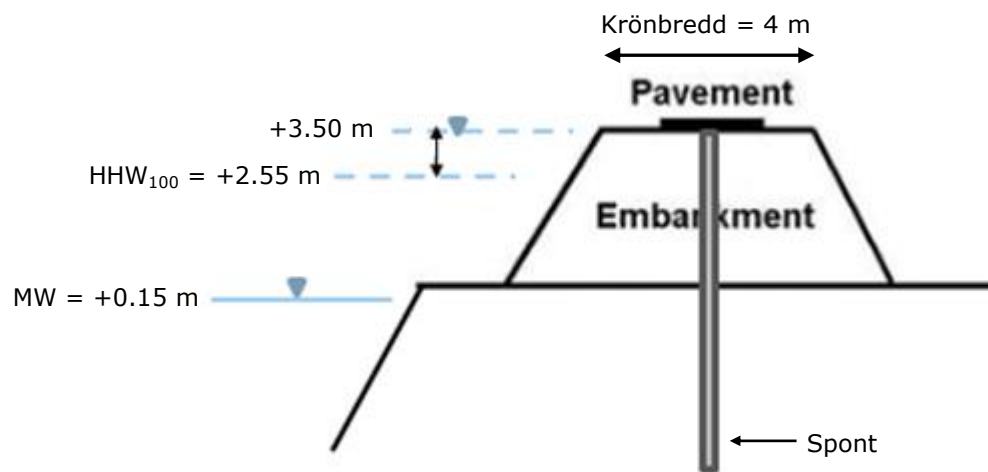
Figur 16 Förslag på skyddsvall där en spont placeras vid kajkanten. För att inte sponten ska falla ut i Göta Älv när det inte är högvatten förankras sponten med ett ankare.

Det tredje förslaget är att etablera skyddsvallen som en upphöjd gång- och cykelväg, se figur 17 och figur 18. 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 19. 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 17 Illustration av skyddsvall som kan kombineras med gång eller cykelväg.



Figur 18 Skyddsvall som kan kombineras med gångstig eller cykelväg. Vallen etableras som en hög jordvall som förstärks med en spont i mitten.



Figur 19 Skyddsmur av armerad betong som även kan användas som bullerskärm längs vägar.

3.3.3 Åtgärdsförslag

I figur 20 till figur 24 presenteras de olika åtgärdsförslagen. 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.

I åtgärdsförslag 1 skall skyddsåtgärder etableras för att bibehålla kritiska samhällsfunktioner. De kritiska objekten ligger längs Kvillebäcken och därmed etableras skyddsåtgärderna för att hindra vatten från att transporteras från Göta Älv över till Kvillebäcken, se tabell 9.

Typ	Antal	Längd
Portar	1 st.	20 m
Mobila portar	3 st.	60 m
Permanent skyddsvallar	6 st.	1 190 m
Objektsskydd	0 st.	-

Tabell 9 Sammanställning av portar och skyddsvallar för Åtgärdsförslag 1.

3.3.4 Åtgärdsförslag 1

Skyddsmuren startar längs Herkulesgatan ner mot korsningen med Ättestupan, se figur 20. Över Ättestupan etableras en mobil skyddsmur, för att vägen normalt skall kunna hållas öppen.

Skyddsmuren fortsätter sedan över grönområdet ner mot Lundbyleden där den ansluter mot befintligt bullerplank. Bullerplanket är idag gjort av trä och detta måste byggas om till en mur som även kan fungera som skyddsmur. I höjd med Kvillegatan övergår bullerplanket i en betongmur, höjden på denna mur samt konstruktionen måste ses över om den kan användas som skyddsmur. I annat fall måste den eventuellt byggas om och/eller höjas upp.

Det etableras en port i Kvillebäcken i höjd med Lundbyleden för att hindra att vatten från Göta Älv, via Frihamnen, dämmer upp i Kvillebäcken, se figur 20.

Lundbyleden och Lundby hamngata skapar en naturlig skyddsmur som kan användas för att skydda Kvillebäcken. Den östra delen av Lundby hamngata är dock något lägre och därför måste en skyddsmur etableras längs bussparkeringsområdet, markerat i figur 21. Muren måste vara mobil där den går över vägen i Frihamnen och på andra sidan finns en existerande jordvall som kan användas som skyddsvall. Längs Ringögatan etableras en skyddsmur, eftersom terrängen här ligger nära +2,55 m RH2000. Om utfarten från Gjutjärnsgatan ska bevaras måste en mobil skyddsmur etableras ut mot Ringögatan. Eventuellt kan terrängen höjas upp för att skapa en skyddsmur som är möjlig att köra över, så terrängen ligger nära +2,55 m.



Figur 20 Skyddsmur längs Herkulesgatan, Ättestupan och Lundbyleden, samt port i Kvillebäcken i höjd med Lundbyleden.



Figur 21 Skyddsmur längs Lundby hamngata och Ringögatan.

3.3.5 Åtgärdsförslag 2

I åtgärdsförslag 2 skall skyddsåtgärder etableras för bibehålla förutsättningar för god livskvalitet för medborgarna, se tabell 10. Därmed måste ett mycket större område skyddas mot översvämning och skyddsmuren måste placeras utefter Göta Älv, se figur 22. En port etableras i Sannegårdshamnens utlopp till Göta Älv, för att skydda hamnen mot höga vattennivåer i älven. Detsamma görs för Frihamnen och därmed kan hela Frihamnen användas som utjämningsmagasin för Kvillebäcken under tiden som porten måste hållas stängd. Detta kommer ge en förbättring i förhållande till Åtgärdsförslag 1, eftersom då var allt vatten i Kvillebäcken tvunget att magasineras uppströms porten i Kvillebäcken.

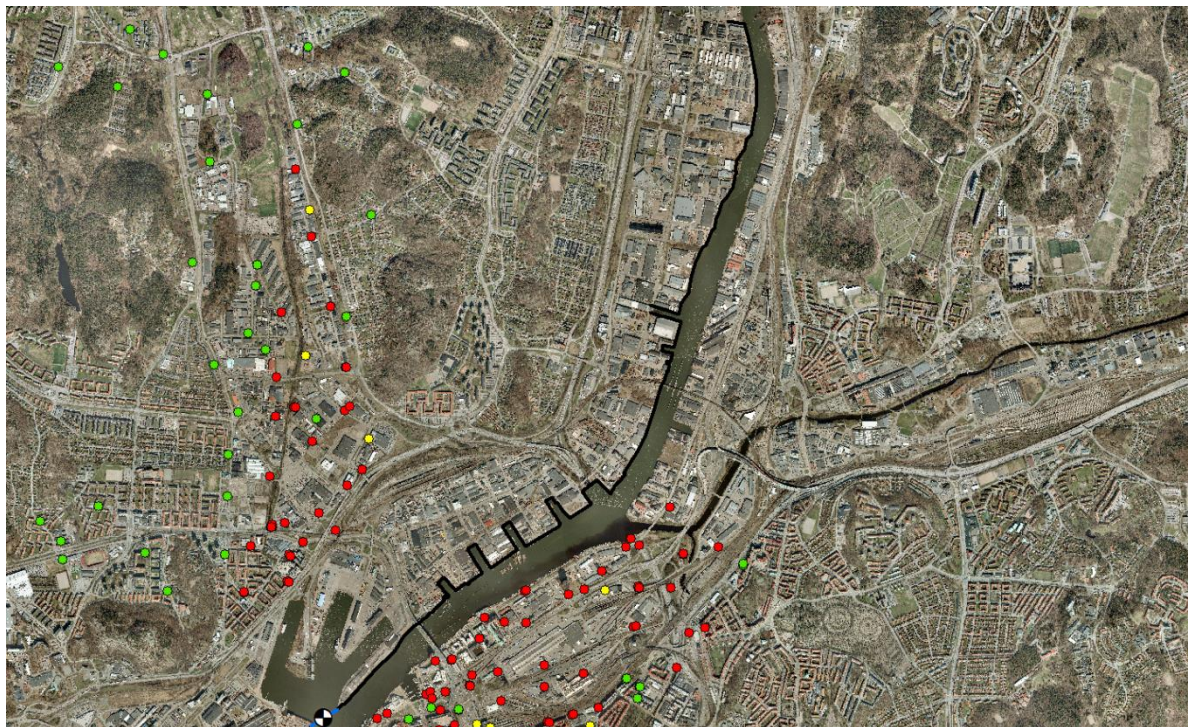
Skyddsmuren fortsätter hela vägen upp till Backa bergögatan, där terrängen längs den västra sidan av Göta Älv är över +2,55 m, se figur 23. Skyddsmuren fortsätter sedan i höjd med Bäckebolismotet och upp till Angeredsbron, se figur 24.

Typ	Antal	Längd
Portar	2 st.	420 m
Mobila portar	0 st.	60 m
Permanent skyddsvallar	6 st.	16 650 m
Objektsskydd	0 st.	-

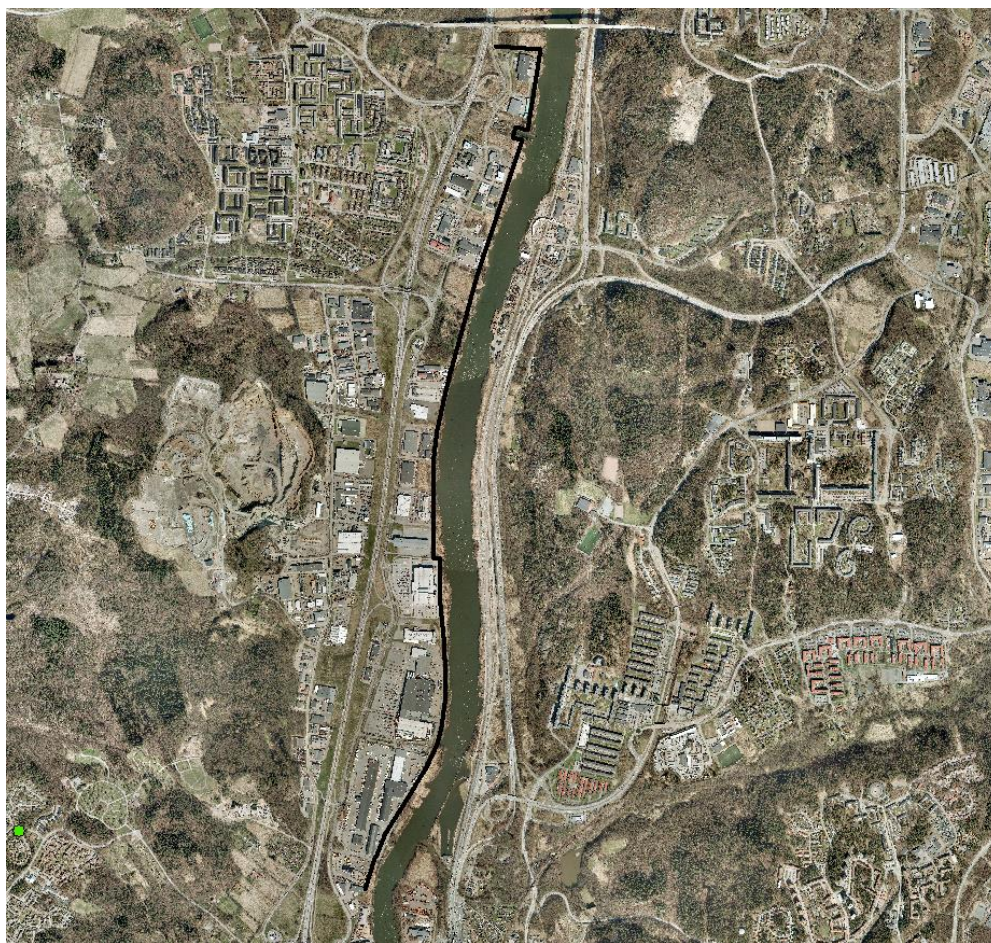
Tabell 10 Sammanställning av portar och skyddsvallar för Åtgärdsförslag 2.



Figur 22 Skyddsmur längs Göta Älv från Södhallsberget till Frihamnen. Vid Sannegårdshamnen och Frihamnens utlopp till Göta Älv etableras portar för att hindra vattnet från Göta Älv att komma in i hamnarna vid högvatten.



Figur 23 Skyddsmur längs Göta Älv från Frihamnen till Backa bergögatan.



Figur 24 Skyddsmur längs Göta Älv från Bäckebo's motet till Angeredsbron.

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 11.

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 skyddsvallarna delats in i tre intervall. Den skyddsvall som ligger i det låga intervallet kommer att behöva etableras mer frekvent och därför bör det övervägas om denna istället skall vara permanenta, även om det kräver att vägen eller utfarten stängs av. Alternativt kan marknivån höjas för att skyddsvallen 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 2 arbetslag för Åtgärdsförslag 1. De mobila skyddsvallarna har placerats vid vägar med så lite trafik som möjligt och därför bör skyddsvallarna kunna etableras 12 timmar innan terrängnivån för den individuella skyddsmuren överskrids. Som tidigare nämnts bör de mobila skyddsvallarna som ligger lågt antingen höjas eller göras permanenta för att det med 12 timmars varsel ska vara möjligt att förutse om nivå för skyddsvallen kommer att överskridas.

Åtgärdsförslag 1

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

Tabell 11 Sammanställning av tidåtgång och resurser för att etablera de mobila skyddsvallarna i Åtgärdsförslag 1.

4. RESULTAT

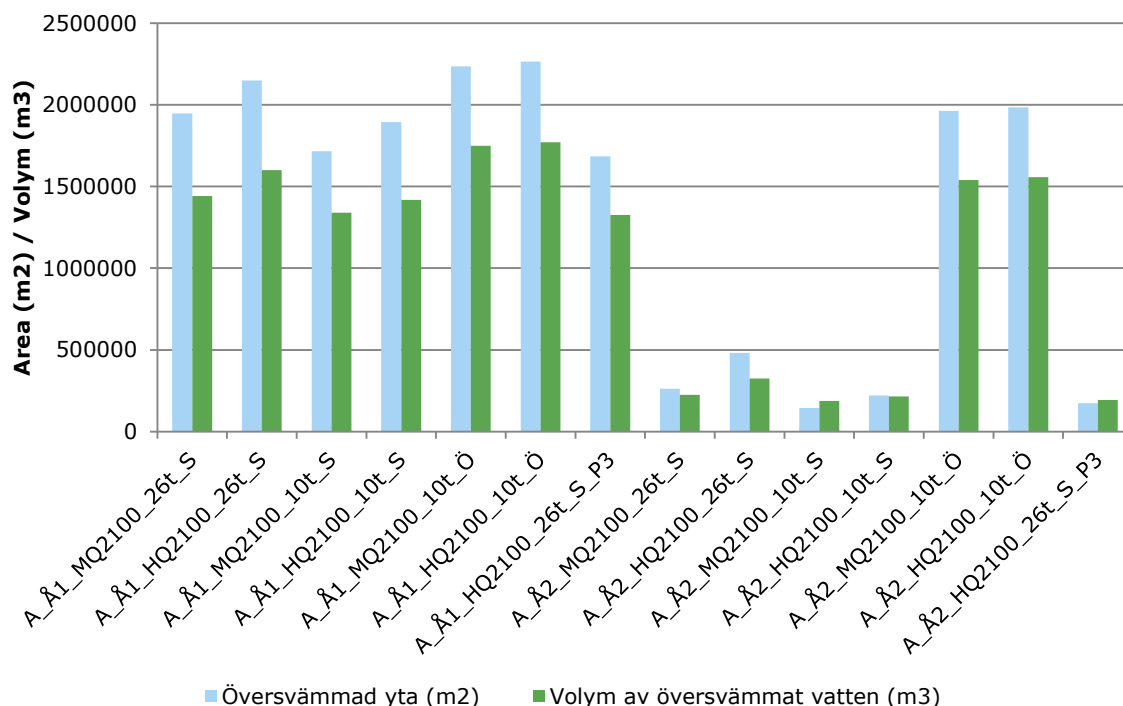
4.1 Generellt

För hela modellområdet har den totala översvämmade ytan och volymen av det översvämmade vattnet beräknats för de genomförda simuleringarna, se figur 25. Simuleringarna är utförda enligt definitionen i tabell 1 och tabell 2. Det är simulering med högflöde i Kvillebäcken och en 26 timmars peak som ger de största översvämningarna.

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 från figur 25 att Åtgärdsförslag 2 minskar den översvämmade ytan markant i förhållande till Åtgärdsförslag 1. Orsaken är att i Åtgärdsförslag 2 skyddas stora områden längs Göta Älv, t.ex. Lindholmen, Lundbyvassen, Frihamnen, Ringön och Backadalens industriområde. Detta kräver dock en etablering av en lång skyddsvall längs Göta Älv och Säveån och att där etableras två stora portar för att skydda Sannegårdshamnen och Frihamnen. Dessutom kan flödet från Kvillebäcken magasineras i Frihamnen under tiden som portarna är stängda, vilket håller recipientnivån för Kvillebäcken lägre än om porten istället etableras vid Lundbyleden i Åtgärdsförslag 1.

Genom att etablera en pumpstation för att lyfta vattnet över porten vid högvatten i Göta Älv kan vattennivån i Kvillebäcken hållas nere och stora områden bakom portarna kan undgå översvämning. Det uppstår dock mindre översvämningar i de mer uppströms delarna av Kvillebäcken. Detta beror troligtvis på att stängningsnivån på 1,3 m är för högt för några områden längs Kvillebäcken. Därmed kan det bli nödvändigt att genomföra skyddsåtgärder även längre upp längs med Kvillebäcken, för att stängningsnivån för porten ska kunna hållas så hög som möjligt.



Figur 25 Sammanställning av total översvämmad yta samt maximal volym för det översvämmade vattnet inom modellområdet.

4.2 Lågpunkter och riskområden

I detta avsnitt presenteras några utvalda simuleringsresultat. Figurerna är hämtade ifrån de tillhörande kartbilagorna 30-43, se tabell 1 och tabell 2. I kartbilagorna presenteras översvämningens resultatet för varje simulering.

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



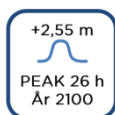
Översvämningens resultatet från modellområde A



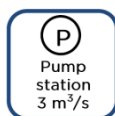
Åtgärdsförslag 1 är implementerat i MIKE 21-modellen. Dvs. att skyddsvallarna är implementerade i MIKE 21-modellen enligt förslag. Detta kan även vara satt till Å2 när Åtgärdsförslag 2 är implementerat.



Flödet i Kvillebäcken är satt till dess medelflöde på 0,14 m³/s.



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



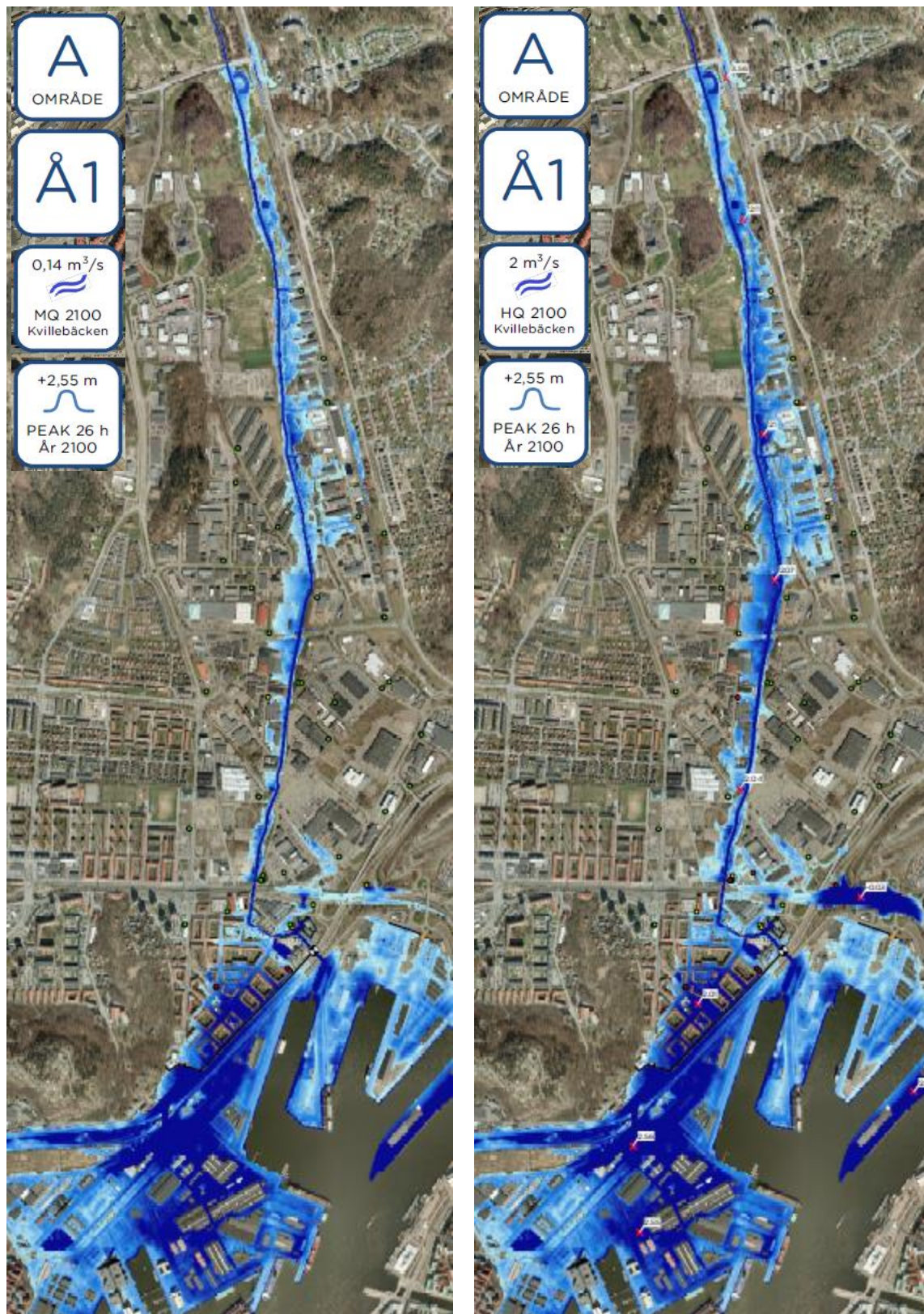
Det finns en pumpstation med en total pumpkapacitet på 3 m³/s i den genomförda simuleringen.

I figur 26 presenteras resultat ifrån två simuleringar enligt Åtgärdsförslag 1 med medelflöde och högflöde i Kvillebäcken, samt med en 26 timmars peak. Till vänster visar resultatet från simulering av medelflöde i Kvillebäcken. Översvämningarna bakom portarna uppstår främst i anslutning med Kvillebäcken. I nedströms del av Kvillebäcken uppstår översvämningarna främst på den västliga sidan. Stora delar av östra Brämaregården blir översvämmade från Kvillebäcken, även om området omges helt av skyddsvallen. Även Frihamnsviadukten översvämmas delvis. I de uppströms delarna uppstår översvämningar både väster och öster om Kvillebäcken, men de största översvämningarna uppstår öster om Kvillebäcken. Utanför portarna blir alla låglänta områden översvämmade på Lindholmen, Lundbyvassen, Frihamnen, Ringön och Backadalens industriområde. Till höger presenteras resultatet från simulering med högflöde i Kvillebäcken. Vid högflöde uppstår mer omfattande översvämningar på samma ställen som vid medelflöde. Översvämningarna i uppströms del av Kvillebäcken sprider sig nu långt från Kvillebäcken på dess östra sida. Frihamnsviadukten blir nu helt översvämmad.

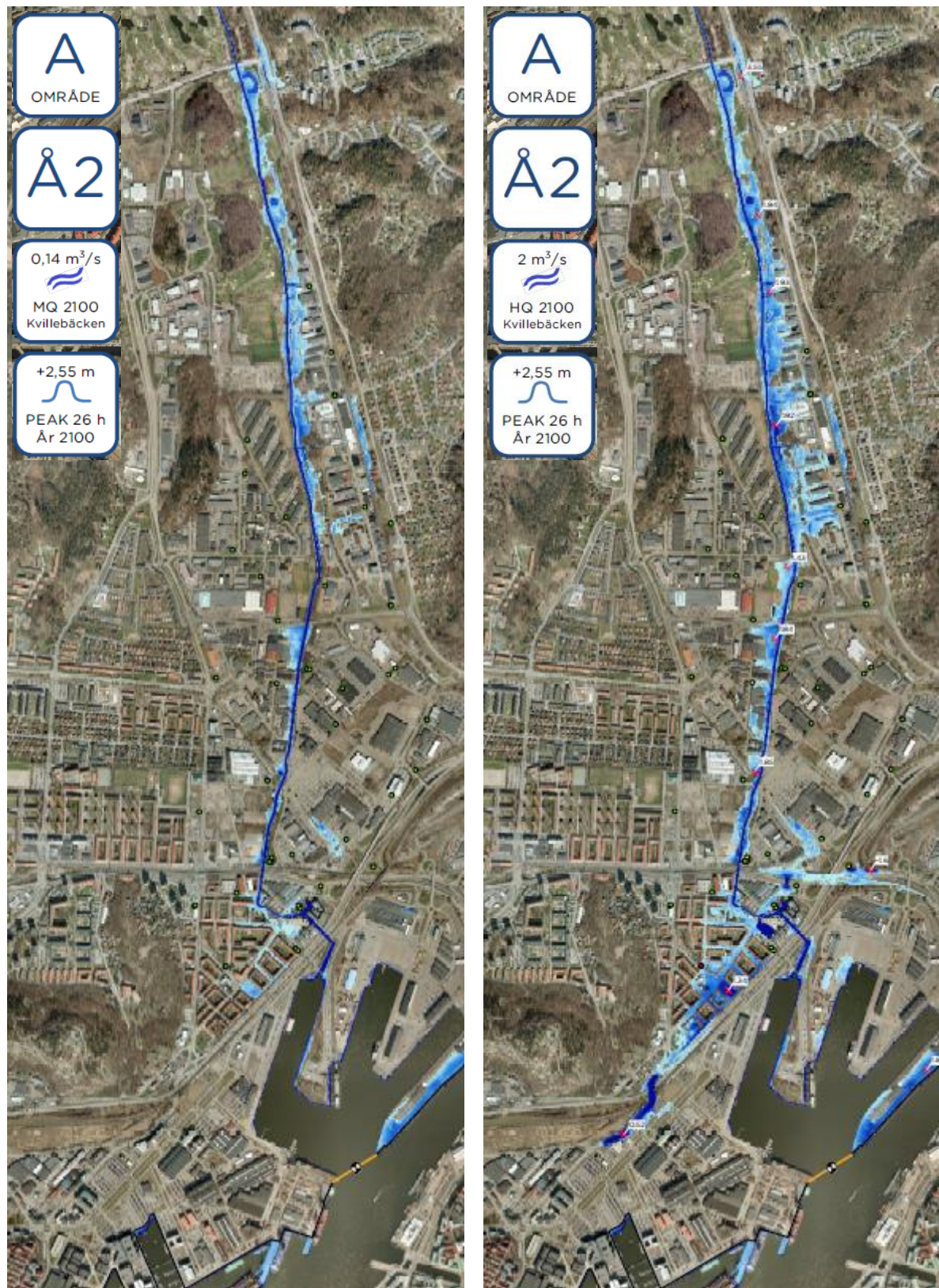
I figur 27 är två resultat presenterade med samma simuleringsförutsättningar som tidigare, men med Åtgärdsförslag 2. Översvämningarna blir med detta åtgärdsförslag betydligt mindre, vilket primärt beror på att Frihamnen kan användas som magasin åt det vatten som kommer ifrån Kvillebäcken. Detta gör att Kvillebäckens recipientnivå blir betydligt lägre och därmed uppstår inte lika stora översvämningar. Frihamnsviadukten undgår nu översvämning vid medelflöde i Kvillebäcken, men vid högflöde uppstår fortfarande översvämningar där. Det uppstår endast mindre översvämningar i de östra delarna av Brämaregården vid medelflöde, men vid högflöde översvämmas området ändå. Dock är översvämningarnas omfattning betydligt mindre än med Åtgärdsförslag 1. Dessutom skyddas nu Tingstadstunneln från översvämning.

Om en pumpstation etableras i kombination med en port i både Åtgärdsförslag 1 och 2, kan översvämningarna längs Kvillebäcken reduceras, se figur 28. Det uppstår fortfarande översvämningar uppströms längs Kvillebäckens östra sida. Dessa områden översvämmas troligtvis på grund av att stängningsnivån på 1,3 m är för hög för dessa områden. Därför bör en eventuell etablering av en pumpstation också kombineras med att etablera lokala skyddsåtgärder för att skydda de områden som bli översvämmade i den övre delen av Kvillebäcken.

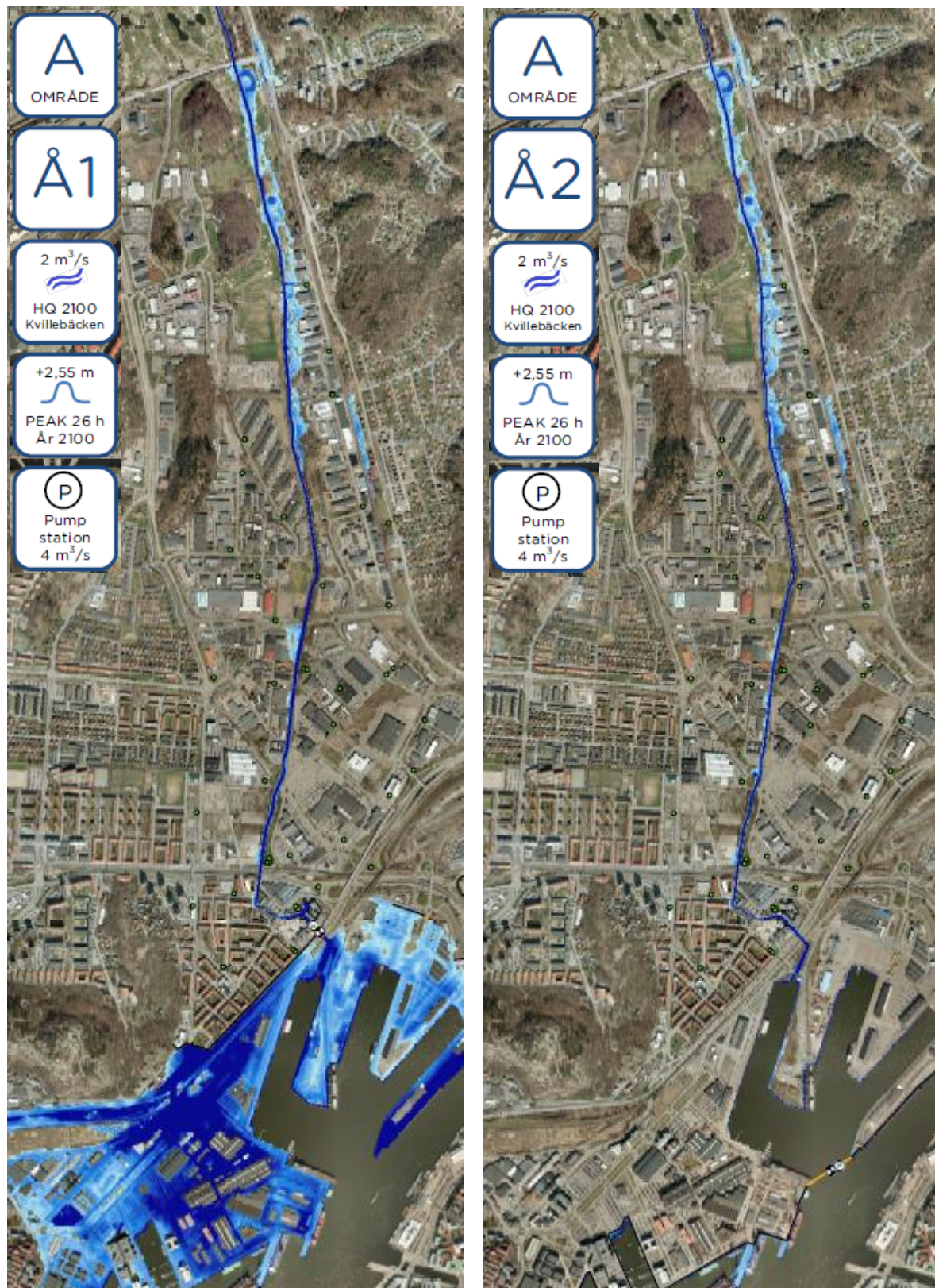
Det uppstår omfattande översvämningar om portarna inte skulle etableras eller om de skulle vara ur funktion. Översvämningarnas omfattning är runt Frihamnen oberoende av Åtgärdsförslag. Det uppstår dock mer omfattande översvämningar i och runt Frihamnsviadukten i Åtgärdsförslag 2. Orsaken till detta är att i Åtgärdsförslag 1 etableras här skyddsvallar för att hindra vattnet från att komma direkt från Frihamnen och ner i Frihamnsviadukten. Dessa skyddsvallar finns inte med i Åtgärdsförslag 2, eftersom då finns en port i Frihamnens utlopp till Göta Älv som ska skydda Frihamnsviadukten.



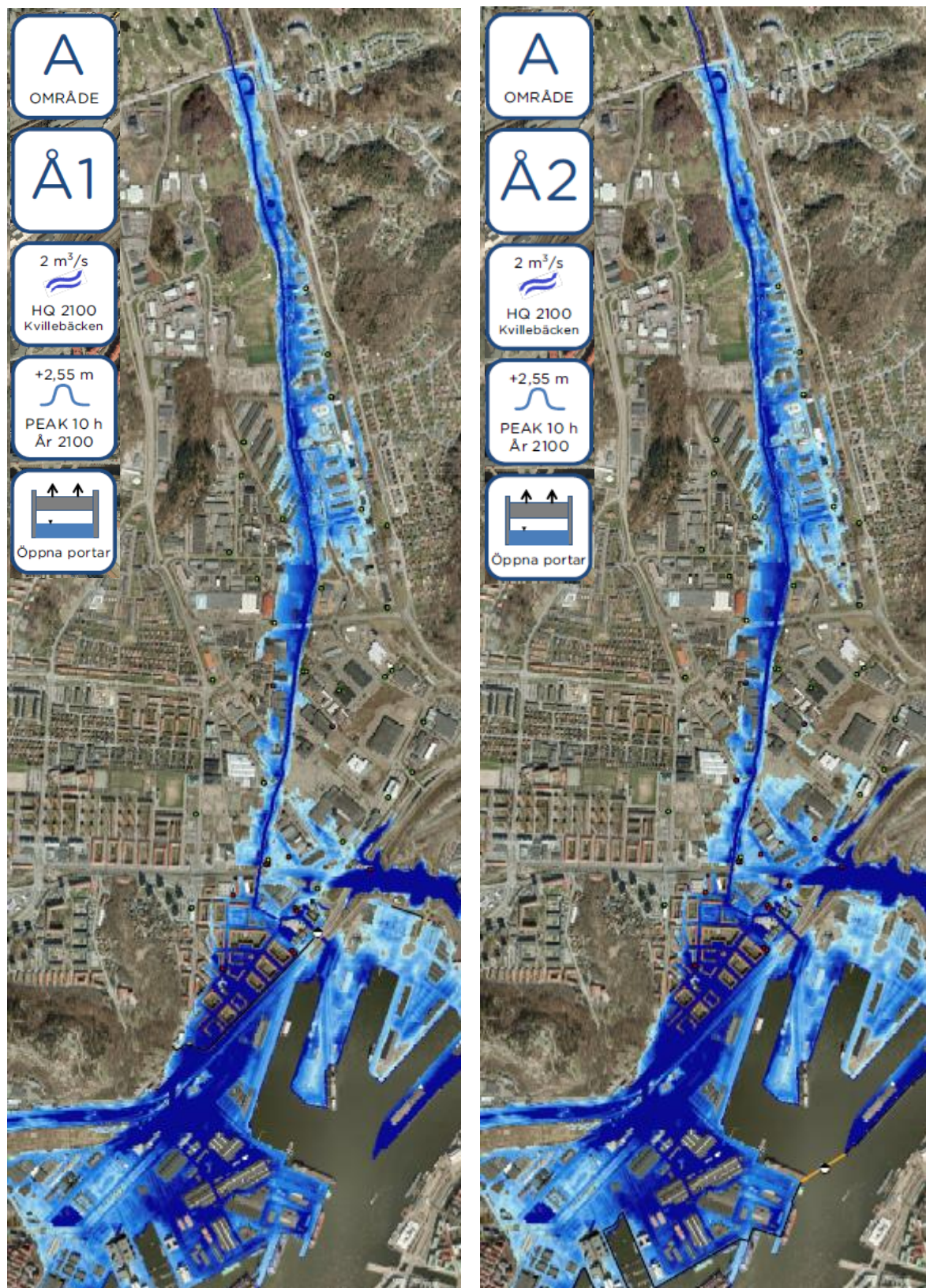
Figur 26 Maximal översvämning i Område A, vid Åtgärdsförslag 1, medel- och högflöde i Kvillebäcken och en 26 timmar peak upp till extrem nivå i år 2100.



Figur 27 Maximal översvämning i Område A, med Åtgärdsförslag 2, medel- och högflöde i Kvillebäcken och en 26 timmar peak upp till extrem nivå i år 2100.



Figur 28 Maximal översvämning i Område A, med Åtgärdsförslag 1 respektive 2, högflöde i Kvillebäcken och en 26 timmar peak upp till extrem nivå i år 2100. Dessutom etableras en pumpstation på $4 \text{ m}^3/\text{s}$ antingen vid Lundbyleden eller vid Frihamnens utlopp.



Figur 29 Maximal översvämning i Område A, med Åtgärdsförslag 1 respektive 2, högflöde i Kvillebäcken och en 26 timmar peak upp till extrem nivå i år 2100. Därutöver har portarna hållits öppna under hela simuleringen.

4.3 Pumpning

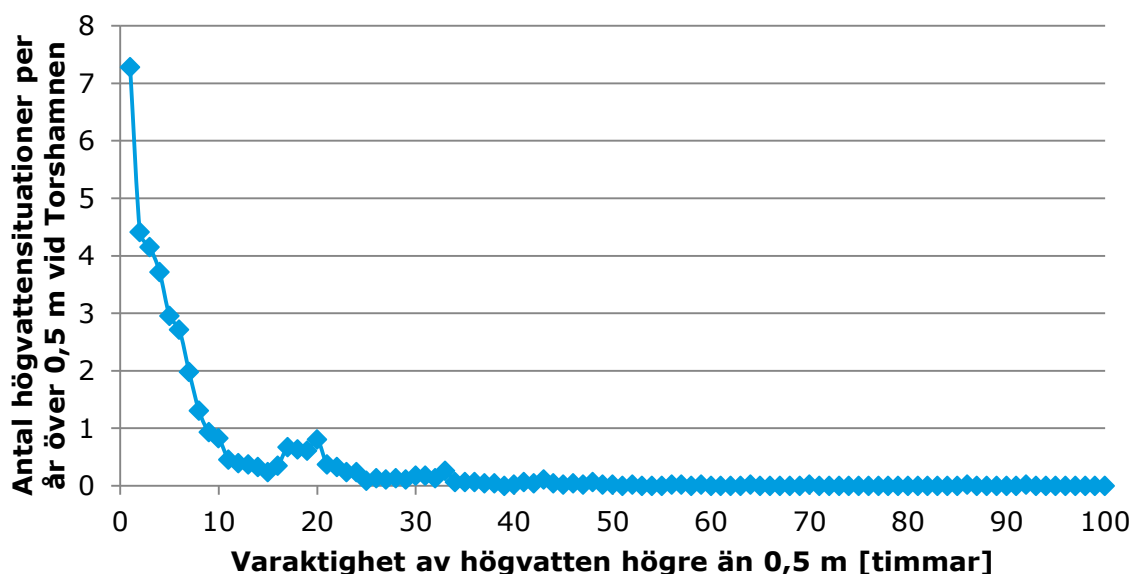
I Område A för Kvillebäcken har endast dagvattenutlopp direkt till Kvillebäcken modellerats i MIKE Urban modellen. Simuleringar med pumpstationer har visat att en pumpstation på omkring $4 \text{ m}^3/\text{s}$ skulle vara tillräcklig för att reducera översvämningarna längs Kvillebäcken. Dock uppstår översvämningar även om en pumpstation etableras. För att undgå dessa översvämningar måste porten stängas tidigare och hela flödet i Kvillebäckens måste pumpas. Det som också måste tas i beaktning är att den befintliga pumpstationen vid Herkulesgatan har sitt bräddavlopp bakom de föreslagna portarna. Om det är bedömt att det finns en stor risk för att detta bräddavlopp går i funktion måste dess utloppsledning flyttas utanför den föreslagna porten vid Lundbyleden.

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

4.4 Stängningstid för porten

Stängningstiden för porten 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 porten stängt i över 20 timmar. Om det istället är högflöde i Kvillebäcken släpper porten ut en del av vattnet dynamiskt och därför håller portarna stängt under kortare tid. Med simulering med en 10 timmars peak håller porten stängt i ungefär 8-9 timmar.

Analys för varaktigheten och antal högvattensituationer över 0,5 m vid Torshamnen har genomförts, se figur 30. 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 med 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 av portar mot Göta Älv år 2100.



Figur 30 Antal högvattensituationer och dess varaktighet per år över 0,5 m vid Torshamnen. 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
AK_Å1_HQ2100_26h_S	21 h
AK_Å1_HQ2100_26h_S	18 h
AK_Å1_HQ2100_10h_S	8 h
AK_Å1_HQ2100_10h_S	8 h
AK_Å2_HQ2100_26h_S	22 h
AK_Å2_HQ2100_26h_S	21 h
AK_Å2_HQ2100_10h_S	9 h
AK_Å2_HQ2100_10h_S	9 h

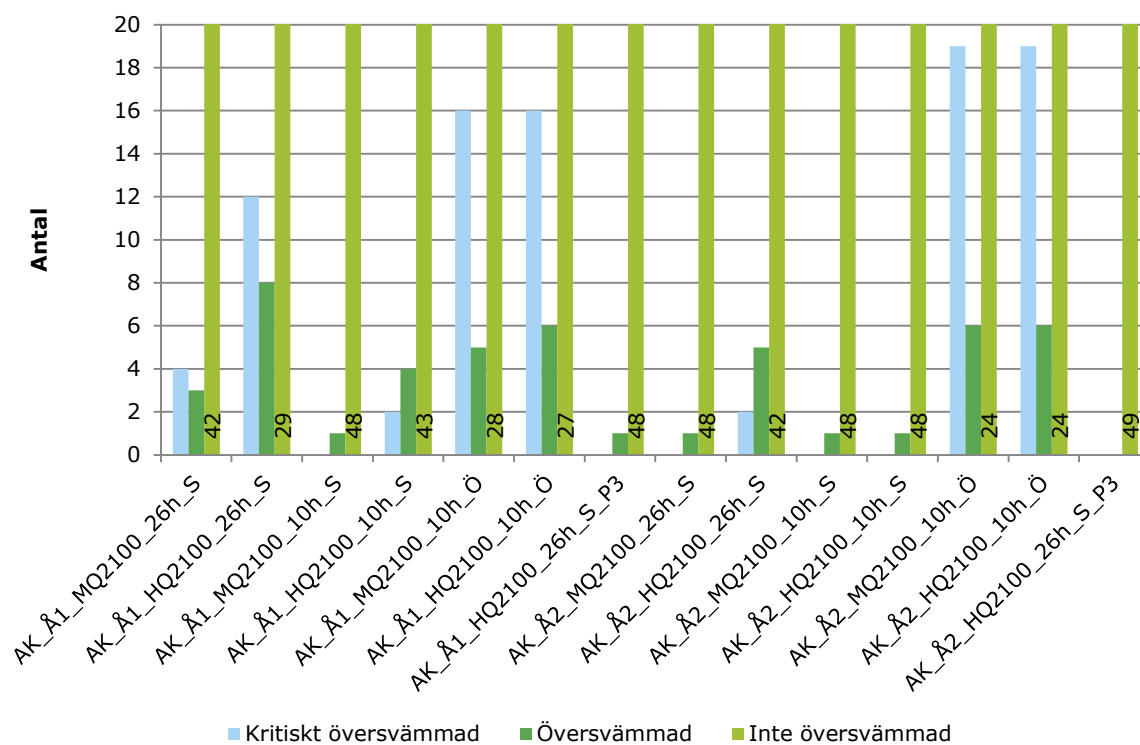
Tabell 12 Uppskattning av stängningstid för portar.

4.5 Kritiska objekt

Det finns totalt 49 kritiska objekt i Område B. En sammanställning av hur många som översvämmas i varje scenario är presenterat i tabell 13 och figur 31. Flest kritiska objekt blir översvämmade då varaktigheten på peaken är 26 timmar med Åtgärdsförslag 1. Flera av de kritiska objekten översvämmas också om porten inte etableras eller om den är ur funktion. Åtgärdsförslag 2 visar en stor reduktion i antalet översvämmade kritiska objekt, även om peaken är 26 timmar lång. Återigen är det huvudsakligen magasineringsvolymen i Frihamnen som skapar denna förbättring.

Scenario	Kritiskt översvämmad	Översvämmad	Inte översvämmad
AK_Å1_MQ2100_26h_S	4	3	42
AK_Å1_HQ2100_26h_S	12	8	29
AK_Å1_MQ2100_10h_S	0	1	48
AK_Å1_HQ2100_10h_S	2	4	43
AK_Å1_MQ2100_10h_Ö	16	5	28
AK_Å1_HQ2100_10h_Ö	16	6	27
AK_Å1_HQ2100_26h_S_P3	0	1	48
AK_Å2_MQ2100_26h_S	0	1	48
AK_Å2_HQ2100_26h_S	2	5	42
AK_Å2_MQ2100_10h_S	0	1	48
AK_Å2_HQ2100_10h_S	0	1	48
AK_Å2_MQ2100_10h_Ö	19	6	24
AK_Å2_HQ2100_10h_Ö	19	6	24
AK_Å2_HQ2100_26h_S_P3	0	0	49

Tabell 13 Sammanfattning av antal översvämmade kritiska objekt



Figur 31 Diagram av antal översvämmade kritiskt objekt

5. DISKUSSION OCH SLUTSATS

Översvämningsrisken längs Kvillebäcken kan minskas genom att etablera en skyddsvall och en port vid Lundbyleden. Det finns dock fortfarande en översvämningsrisk eftersom magasineringens volymen i Kvillebäcken är begränsad då den är relativt liten. Områdena i östra delarna av Brämaregården och Frihamnsviadukten riskerar översvämning även om skyddsvallar och en port etableras enligt Åtgärdsförslag 1. Flera av de kritiska objekten skyddas däremot av Åtgärdsförslag 1, då översvämningsarna inte blir fullt så omfattande som utan en skyddsvall. Effekten av Åtgärdsförslag 1 kan väsentligt förbättras genom att etablera en pumpstation som lyfter vattnet över porten vid Lundbyleden.

Varaktigheten av högvatten i havet har en stor betydelse för översvämningsarnas utbredning i Kvillebäckens södra delar. Vid längre varaktighet blir översvämningsarna mer omfattande i bland annat de östra delarna av Brämaregården och i Frihamnsviadukten. Orsaken till detta är att då porten håller stängt så översvämmas områdena bakom skyddsvallarna på grund av att flödet i Kvillebäcken trycker på.

Åtgärdsförslag 2 minskar översvämningsrisken väsentligt. Stora områden på Lindholmen, Lundbyvassen, Frihamnen, Ringön och Backadalens industriområde undgår översvämning. Genom detta åtgärdsförslag kan även Frihamnen användas som fördröjningsmagasin för flödet från Kvillebäcken. Detta ger en extra fördröjning som är gör att vattensystemet klarar av en längre varaktighet av högvatten i havet. Därmed minskar risken för översvämning av de östra delarna av Brämaregården och Frihamnsviadukten. Åtgärdsförslag 2 skyddar även Tingstadstunneln från översvämning vid högvatten i havet. Att etablera en pumpstation som lyfter vattnet över porten vid Frihamnens utlopp till Göta Älv minskar även risken för översvämning, också i de östra delarna av Brämaregården och Frihamnsviadukten minskar risken för översvämning.

De östra delarna av Brämaregården ligger väldigt lågt och oavsett åtgärdsförslag så borde detta område skyddas individuellt genom att hindra vattnet från att komma från Kvillebäcken och rinner ner mot sydväst.

6. REKOMMENDATIONER

Magasineringsvolymen i Kvillebäcken är begränsad och eftersom lutningen i Kvillebäcken är väldigt låg, så översvämmas de övre delarna av Kvillebäcken före de södra delarna. För att minska översvämningsrisken i de övre delarna av Kvillebäcken måste stängningsnivån sänkas för en port vid Lundbyleden. För att stängningsnivån ska kunna sänkas måste även en pumpstation etableras vid Lundbyleden. Alternativt kan det undersökas om ängsområdena vid Ekehöjden och Snareberget kan sänkas, för att skapa en större magasineringsvolym som kan användas under högvattensituationer.

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

BILAGA 1

REDOVIDNING AV KRITISKA OBJEKT