

Avsedd för
Stadsbyggnadskontoret

Dokumenttyp
Rapport

Datum
Januari, 2015

HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG

ANVÄNDARVÄGLEDNING FÖR HYDROMODELLEN



HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG

ANVÄNDARVÄGLEDNING FÖR HYDROMODELLEN

Revidering	0
Datum	2015-01-30
Utfört av	Henrik Thorén
Kontrollerad av	Henrik Sønderup, Tora Lindberg
Godkänd av	Tora Lindberg
Beskrivning	Användarvägledning för Hydromodellen

Ref.	1320001782-007
Document ID	1320001782-05-026
Version	0

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Ordlista	1
2.	Bakgrund	3
3.	Inledning	3
3.1	Modellens primära användningsområde	3
3.2	Begränsningar	3
4.	Modelluppbyggnad	4
4.1	Modellområde	4
4.2	Ledningsnätsmodell	4
4.3	Översvämningsmodell	5
4.3.1	Skyddsbarriärer för infrastruktur	7
4.3.2	Kajkant längs Mölndalsån	11
4.4	Vattendragsmodell	12
4.5	Viktiga hydrauliska konstruktioner	14
4.5.1	Gårda Dämme	14
4.5.2	Slussen	14
4.6	Tre-vägskoppling	15

BILAGOR

Bilaga 1
Modellfiler

1. ORDLISTA

I samband med hydrologiska och hydrauliska modeller samt beskrivning av avloppssystem används flera ord och begrepp unika för branschen. I samband med tidigare projekt har begrepp introducerats som även används i denna rapport. Nedan följer en lista med ofta förekommande ord och begrepp använda i rapporten. I högra kolumnen finns en kort definition/förklaring av ordet eller begreppet.

Andel hårdgjorda ytor	Andel hårdgjorda ytor är förhållandet mellan arean av hårdgjorda ytor och den totala arean för avrinningsområdet. Andel hårdgjorda ytor anges normal i procent eller som decimaltal. Se även "hårdgjorda ytor"
Avrinningsområde	Ett avrinningsområde är ett landområde som avvattnas till en och samma punkt. Området avgränsas av dess topografi som skapar vattendelare. All nederbörd som faller i avrinningsområdet kommer passera samma punkt på väg mot havet.
Bräddavlopp	Bräddavlopp är en nödfunktion som normalt finns i kombinerade avloppssystem. Bräddavloppet avlastar avloppssystemet vid skyfall när ledningsnätet överbelastat, genom att transportera orenat avloppsvatten direkt till recipienten. Denna funktion finns för att minska risken för källaröversvämningar i de hus som är anslutna till det kombinerade avloppssystemet.
Hydromodell	Hydromodell är ett begrepp som används i projektet Hydromodell för Göteborg. Det är en kopplad modell bestående av en ledningsnätmodell, vattendragsmodell och översvämningsmodell. En hydromodell kan bestå av två eller tre av dessa modeller. Se även "kopplad modell".
Hårdgjorda ytor	En hårdgjord yta är ytor där infiltration inte sker i någon större utsträckning, såsom vägar, parkeringsplatser, järnväg, hustak osv. Ytorna är täckta av exempelvis asfalt, sten, tegel eller betong. Avrinning från denna typ av yta sker snabbare än avrinning från en naturlig grönyta. Eftersom avrinning från hårdgjorda ytor är direkt är det dessa som är intressanta vid dimensionering och modellering av urbana avloppssystem.
Kalibrering	Kalibrering utförs normalt genom att ett av randvillkoren varieras och modellen körs för att ge resultat på hur den påverkas av förändringarna i randvillkoret. Resultatet jämförs sedan med en uppmätt parameter som simuleras i modellen. För MIKE Urbanmodeller brukar regn i avrinningsområdet och flöde i avloppssystemet mätas. Modellen körs därefter med det uppmätta regnet och simulerar ett flöde i avloppssystemet. Det simulerade flödet jämförs med det uppmätta flödet i avloppssystemet. Olika parametrar och egenskaper för avrinningsområden och avloppssystem kan ändras för att kalibrera modellen mot ett randvillkor.

Kopplad modell	MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21 kan kopplas ihop och detta kallas MIKE Flood. Två eller tre modeller kan kopplas ihop till en MIKE Flood modell. Vid koppling definieras utväxlingspunkter, som beskriver hur vattnet transporteras mellan modellerna.
Ledningsnätmodell	Som ledningsnätmodell används en MIKE Urban modell, se "MIKE Urban".
Markanvändning	Markanvändning är en kartläggning av hur olika ytor är planerade att användas. Markanvändningen har ofta flera standardiserade underkategorier som beskriver vad en yta ska användas till. Exempel på markanvändningsområden kan vara bostäder, industri och handel.
MIKE Urban	MIKE Urban är ett datorprogram utvecklat av DHI (Danska Hydrologiska Institutet) som används för att simulera hydrologi och hydraulik av urbana avloppssystem. MIKE Urban består av två modeller, den första är en hydrologisk modell som beskriver avrinning från avrinningsområden baserat på olika parametrar. Den andra är en hydraulisk modell som beskriver vattenflödet i avloppssystemet genom brunnar, ledningar, bräddavlopp och pumpstationer. Modellerna är s.k. endimensionella modeller.
MIKE 11	MIKE 11 är ett datorprogram utvecklat av DHI (Danska Hydrologiska Institutet) som används för att simulera vattendrags hydrologi och hydraulik. MIKE 11 består av två modeller, den första är en hydrologisk modell som beskriver avrinning från avrinningsområden baserat på olika parametrar. Den andra är en hydraulisk modell som beskriver vattenflödet i vattendragen. Modellerna är s.k. endimensionella modeller.
MIKE 21	MIKE 21 är ett datorprogram utvecklat av DHI (Danska Hydrologiska Institutet) som används för att simulera vattenflöde på markytan. MIKE 21 modellen kan kopplas ihop med en MIKE Urban modell för att simulera översvämningar på markytan när avloppssystemet blir överbelastat vid skyfall. Olika parametrar anges i modellen för att beskriva bland annat friktion på markytan och vattnets viskositet. MIKE 21 modellen utvecklades av DHI för att simulera flöden i sjöar och hav, men den har senare vidareutvecklats för att kunna användas tillsammans med MIKE Urban och MIKE 11. Modellen är en s.k. tvådimensionella modell.
Randvillkor	Randvillkor är ett sätt att matematiskt beskriva hur området utanför modellområdet påverkar modellen. Ett randvillkor kan vara t.ex. nederbörd, flöden i vattendrag och vattennivå i havet. Olika modeller påverkas olika beroende på vilken typ av randvillkor som används.
Vattendragsmodell	Som vattendragsmodell används en MIKE 11 modell, se även "MIKE 11".
Översvämningsmodell	Som översvämningsmodell används en MIKE 21 modell, se även "MIKE 21".

2. BAKGRUND

I projektet Hydromodell för Göteborg utvecklades flera mindre hydromodeller för olika områden i centrala Göteborg. För att förenkla vidare arbete med hydromodellen togs beslutet av Stadsbyggnadskontoret att lägga ihop alla mindre hydromodeller till en stor hydromodell. Det är denna modell som kommer att användas och utvecklas i framtiden.

Syftet med denna rapport är att förklara hur hydromodellen är uppbyggd i stora drag och vad som är viktigt att känna till när modellen ska användas. Detta kan t.ex. vara viktiga hydrauliska konstruktioner och vilka randvillkor som finns. Modellen har specifikt byggts upp för att kunna simulera översvämningsrisk vid högvattensituationer i havet samtidigt med högflöde i vattendragen, men fungerar även för båda situationerna var för sig.

3. INLEDNING

3.1 Modellens primära användningsområde

Det primära användningsområdet har varit att simulera översvämningsrisken i de lågt liggande områdena längs vattendragen i centrala Göteborg. Simulering har primärt genomförts med högflöde i vattendragen, samtidigt som det varit en högvattennivå i Göta Älv som uppstår främst vid storm.

Detta har gjort det möjligt att simulera de dynamiska effekterna av att högflödet i vattendragen orsakar en extra uppdämning i vattendragen vid högvattensituationer. Uppdämningen leder till en ökad översvämningsrisk som inte uppstår vid endast högflöde eller högvatten, utan när de förekommer samtidigt.

3.2 Begränsningar

Ledningsnätetsmodellen är kalibrerad efter regn med hög återkomsttid i Gullbergsvassområdet. Med Gullbergsvassområdet menas Hultmans Holme, Gullbergsvass, Nordstaden, Stampen och norra delen av Gårda. Detta kan eventuellt övervärdera avrinningen vid mindre regnhändelser. Om syftet är att simulera mindre regn rekommenderas att modellen kalibreras om mot regn med lägre återkomsttid. De kombinerade avrinningsområdena längs Mölndalsån är endast grovt kalibrerade mot en flödesmätning i höjd med Ullevi.

Nedstigningsbrunnar i ledningsnätetsmodellen som inte ligger i de lågt liggande områdena är inte kopplade till översvämningsmodellen, eftersom översvämningsmodellen endast täcker de lågt liggande områdena. Områden som ligger högre har utelämnats eftersom de inte riskerar att översvämmas på grund av höga vattennivåer i vattendragen och det skulle öka beräkningstiden att även beskriva dessa. Om översvämning ska simuleras i områden som ligger högre måste modellområdet för översvämningsmodellen utvidgas. Modellområdet för översvämningsmodellen beskrivs i avsnitt 4.1.

I ledningsnätetsmodellen är primärt dagvattenförande avloppssystem beskrivna, dvs. kombinerade ledningar och dagvattenledningar är beskrivna. Spillvattensystemet har utelämnats i stora delar av modellen, endast där kombinerade ledningar finns är de beskrivna.

Styrningen av slussen i Fattighusån vid Trädgårdsföreningen motsvarar inte normal drift. Portarna står öppna för att så mycket vatten som möjligt ska kunna komma igenom.

Styrningen av Gård Dämme, vid korsningen av Mölndalsån, Fattighusån och Gullbergsån, styrs inte heller enligt normal drift. Portarna öppnas fullt om vattennivån nedströms dämmet är lägre än uppströms dämmet.

4. MODELLUPPBYGGNAD

4.1 Modellområde

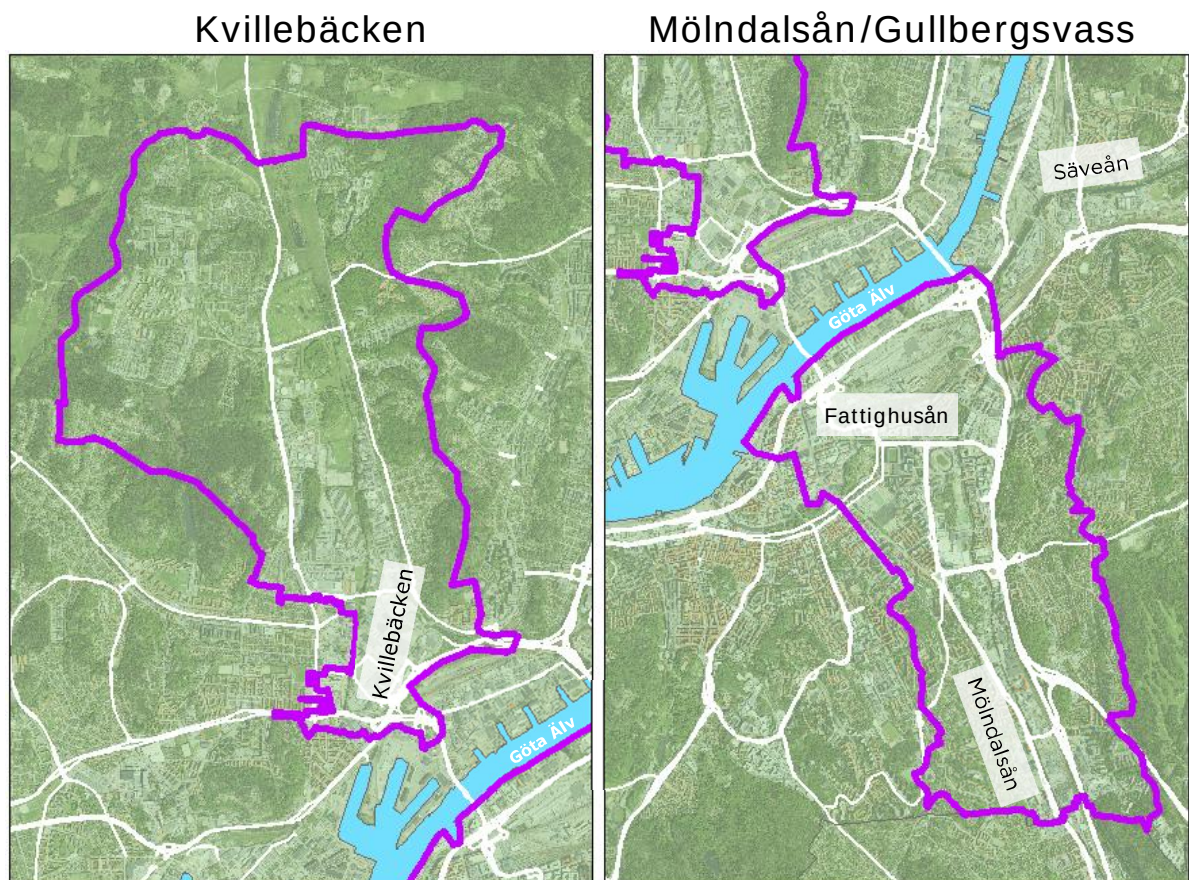
Hydromodellen är uppbyggd av tre olika modeller, en ledningsnätmodell (MIKE Urban), en vattendragsmodell (MIKE 11) och en översvämningsmodell (MIKE 21).

4.2 Ledningsnätmodell

Ledningsnätmodellen är uppbyggd utifrån Kretslopp och Vattens ledningsdatabas. Den innehåller det kombinerade avloppssystemet och dagvattensystemet längs Mölndalsån, Kvillebäcken och på Gullbergsvassområdet, se figur 1 och tabell 1. Avloppssystemet längs Säreån har utelämnats eftersom det har mindre betydelse för översvämningsrisken längs Säreån.

Avrinningsområdena är skapade utifrån fastighetskartan, således att i princip varje fastighet motsvarar ett avrinningsområde i ledningsnätmodellen. Andelen hårdgjorda ytor är beräknade utifrån geografisk information av hus och vägar. Som utgångspunkt har hus antagits ha en avrinningskoefficient på 90 %, vägar 80 % och övrigt (gröna områden) 10 %.

Ungefär hälften av avrinningsområdena på Gullbergsvassområdet är kalibrerade efter uppmätt flöde och regn den 27 juli 2013. De kombinerade avrinningsområdena längs Mölndalsån, uppströms Ullevi, är kalibrerade utifrån flödesmätningar i höjd med Ullevi. Därmed är dessa avrinningsområden grovt kalibrerade, men inte detaljkalibrerade.



Figur 1 Översikt av modellområdet för ledningsnätmodellen i MIKE Urban

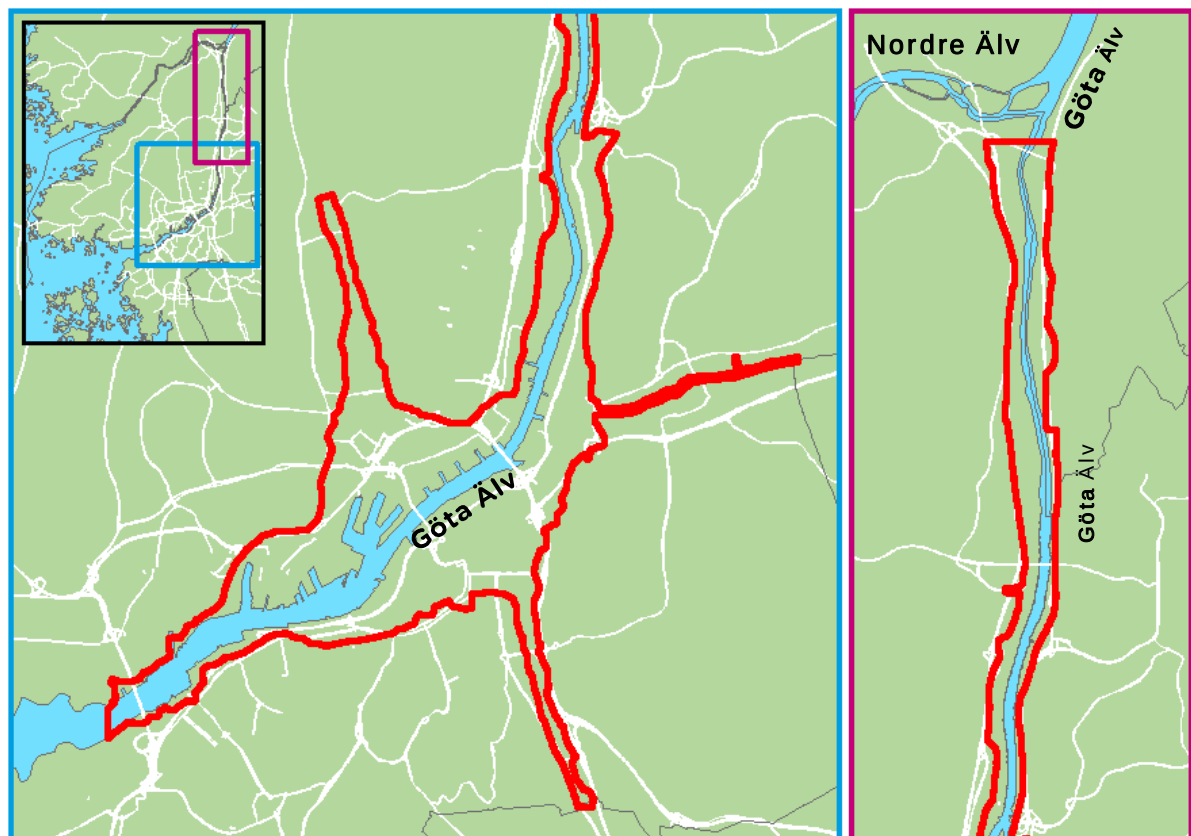
Fakta	
Antal nedstigningsbrunnar	5 204 st
Antal avloppsledningar	5 174 st
Längd av avloppsledningar	171 595 m
Avrinningsområdets yta	2 032 ha
Hårdgjord yta i avrinningsområdet	565 ha
Andel hårdgjorda ytor	28 %

Tabell 1 Övergripande fakta för ledningsnätmodellen

Det finns fyra olika randvillkor i MIKE Urban modellen. Det första är regn och här antas att alla avrinningsområden belastas med samma regn, vilket naturligtvis kan ändras efter behov. Det andra är vattennivå i utloppen. I de flesta utlopp finns en extern vattennivå från Göta Älv. Här kan vattennivån i Göta Älv varieras under simulering. Den tredje är spillvatten. I de kombinerade avloppssystemen på Gullbergsvass och längs Mölndalsån finns spillvattenbelastning som baseras på vattenförbrukning från varje fastighet. Det sista randvillkoret är ett fiktivt flöde i några brunnar, som används för att stabilisera ledningsnätmodellen när den kopplas till översvämningsmodellen. Under simulering utan detta fiktiva flöde introduceras för mycket flöde i enstaka ledningar i avloppssystemet längs Mölndalsån. Randvillkoret kallas Stabilitets Flöde och därför är det viktigt att ha med den tillhörande selection filen "Stabilitets_flöde.mus".

4.3 Översvämningsmodell

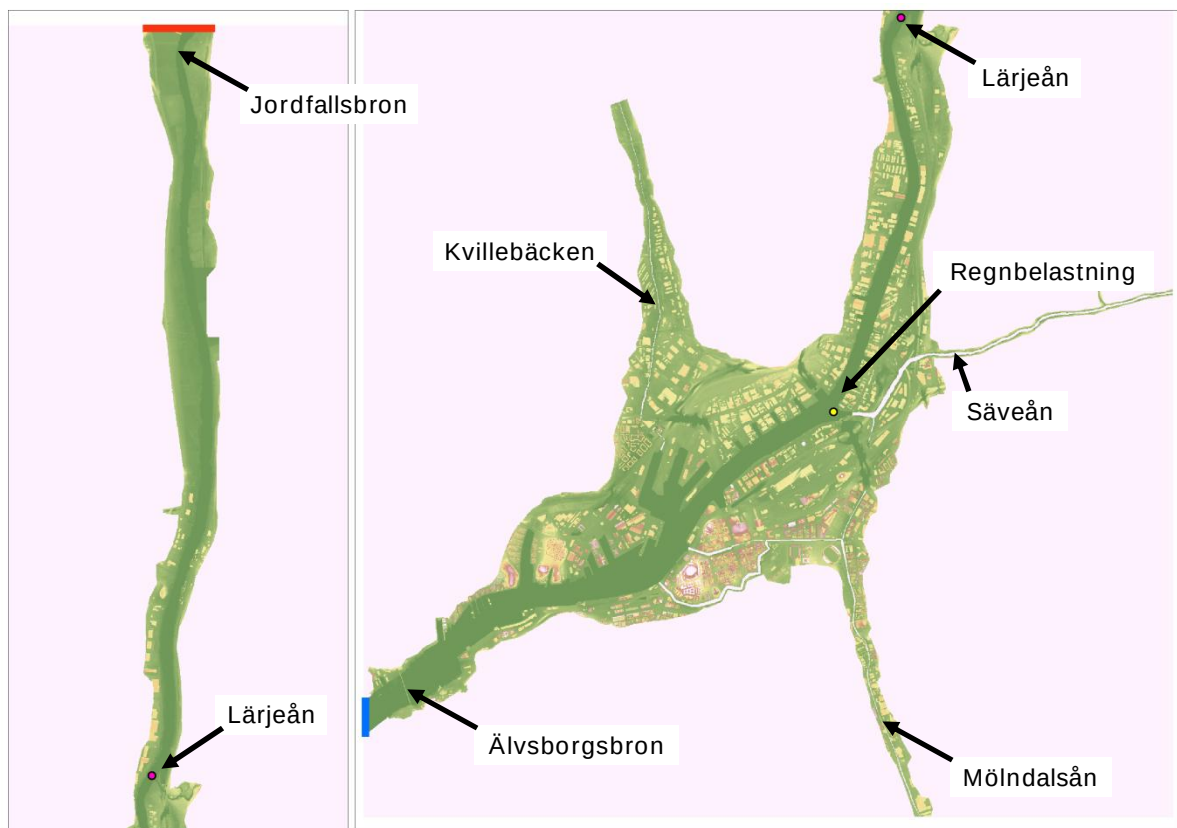
Översvämningsmodellen täcker de lågt liggande områdena längs Göta Älv, Mölndalsån, Säveån, Fattighusån, Norra Hamnkanalen, Rosenlundskanalen, Vallgraven och Kvillebäcken, se figur 2. Området omkring Göta Älv är inkluderad mellan Jordfallsbron och Älvsborgsbron. Mölndalsån och Säveån är inkluderad upp till Göteborgs Stads kommungräns. Kvillebäcken är inkluderad upp till Finlandsvägen. Grovt sett är översvämningsmodellen avgränsad till det område som har en markyta på +4 m RH2000 eller lägre.



Figur 2 Översikt av modellområdet för översvämningsmodellen i MIKE 21

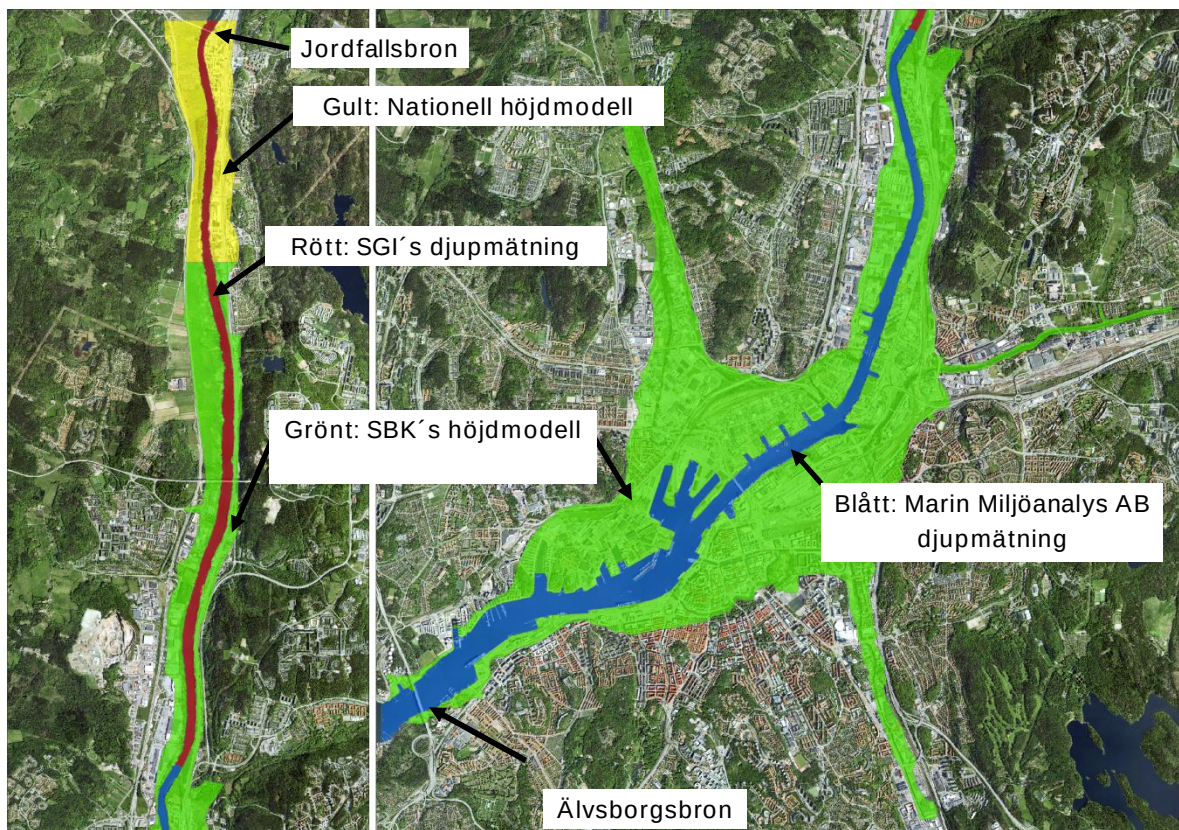
I figur 3 visar den blå linjen var vattennivån nedströms kopplas till översvämningsmodellen som randvillkor. Den röda linjen visar var flödet uppströms kopplas till översvämningsmodellen som randvillkor. Den rosa pricken visar var flödet från Lärjeån är kopplat till översvämningsmodellen. Den gula pricken visar var regnbelastningen till Göta Älv kopplas. Flödet från vattendragen i vattendragsmodellen tillkommer vid vattendragens utlopp till Göta Älv.

Översvämningsmodellen används som två modeller i en. Modellens främsta uppgift är att beskriva översvämningen på terrängen runt vattendragen. Om vattennivån i något av vattendragen i vattendragsmodellen stiger högre än omkringliggande terräng så överförs denna vattenmängd till översvämningsmodellen och en översvämning simuleras. Modellens andra uppgift är att beskriva flöde och magasinering av vatten i Göta Älv. I den del av översvämningsmodellen som beskriver Göta Älv är terrängnivån under ± 0 m RH2000. Denna del av översvämningsmodellen fylls upp med vatten innan simuleringen startar. Göta Älv skulle kunna beskrivas i vattendragsmodellen, men eftersom det finns flera hamnbassänger och för att bättre kunna simulera översvämningar från Göta Älv valdes istället att beskriva Göta Älv i översvämningsmodellen.



Figur 3 Översikt av översvämningsmodellen som används vid simulering av Göta Älv och tillrinnande vattendrag. Den blå linjen visar var vattennivån nedströms kopplas till översvämningsmodellen som randvillkor. Den röda linjen visar var flödet uppströms kopplas till översvämningsmodellen som randvillkor. Den rosa pricken visar var flödet från Lärjeån är kopplat till översvämningsmodellen. Den gula pricken visar var regnbelastningen till Göta Älv kopplas.

För att bygga upp översvämningsmodellen har flera olika källor använts, se figur 4. Primärt har Stadsbyggnadskontorets egen höjdmodell använts, eftersom den har en högre upplösning i Göteborgs Stad jämfört med den nationella höjdmodellen. För att förlänga modellen upp till Jordfallsbron var det dock nödvändigt att använda den nationella höjdmodellen för den nordligaste delen. För den del av översvämningsmodellen som beskriver Göta Älv används primärt djupdata uppmätt av Marin Miljöanalys, som har mätt Göteborgs hamn upp till Lärjeåns utlopp. Norr om Lärjeåns utlopp används istället djupdata från SGI.



Figur 4 Översikt av de olika källor som har använts i uppbyggnaden av MIKE 21 modellen

Fyra randvillkor finns i översvämningsmodellen, se tabell 2. Det första är flödet i Göta Älv i höjd med Jordfallsbron. Det andra är tillflödet från Lärjeån. Det tredje är eventuell regnbelastning från avrinningsområden som inte är inkluderade i ledningsnätsmodellen. Det sista är vattennivån i Göta Älv i höjd med Älvsborgsbron.

Typ	Plats (j,k-kordinater)	Beskrivning
Flöde	(1145,3318) – (1172,3318)	Q i Göta Älv vid Jordfallsbron
Flöde	(1062,1582)	Q från Lärjeån
Flöde	(922,813)	Regnbelastning i Göta Älv
Vattennivå	(0,160) – (0,230)	Nivå i älven vid Älvsborgsbron

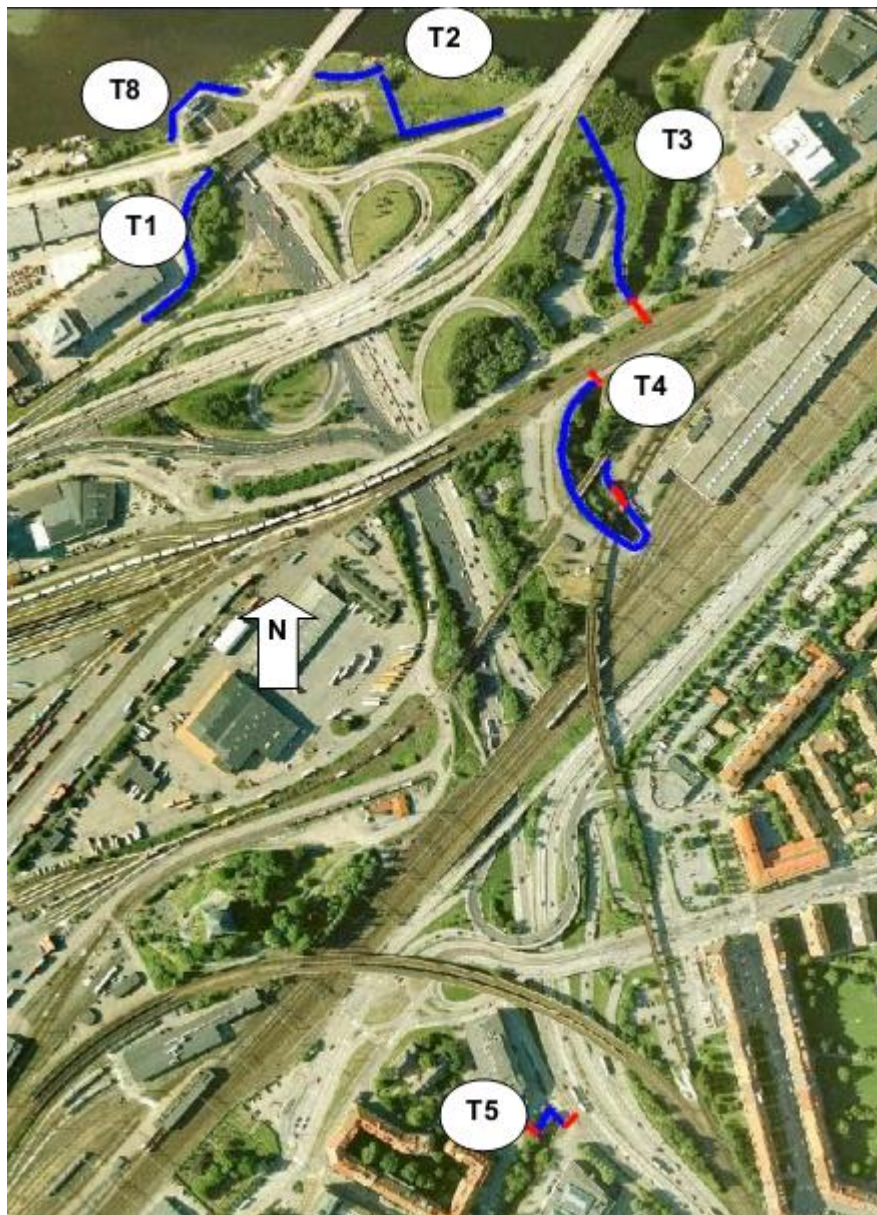
Tabell 2 Översikt av de randvillkor som används i översvämningsmodellen

4.3.1 Skyddsbarriärer för infrastruktur

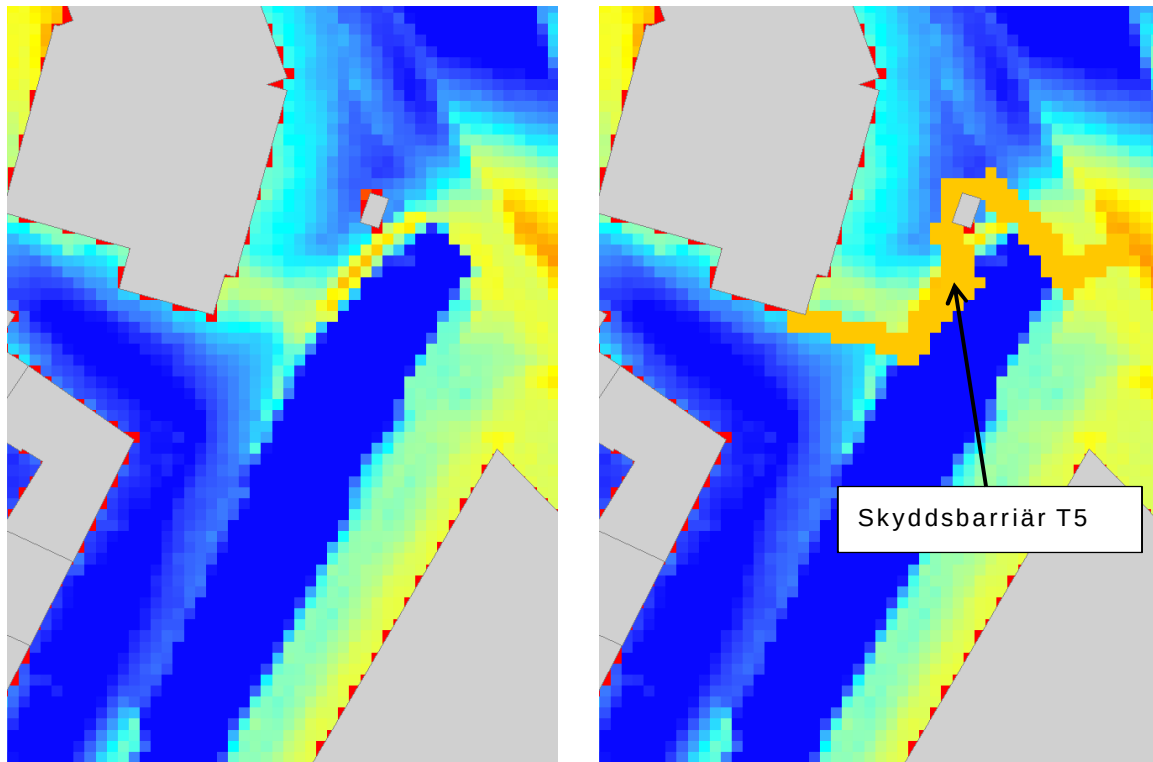
Det finns existerande skyddsbarriärer för Götatunneln och Tingstadstunneln. För funktionen av dessa barriärer är det väldigt viktigt att barriärens höjd är korrekt beskriven i översvämningsmodellen. Eftersom en lägre upplösning används i översvämningsmodellen, och skyddsbarriärerna är smalare än modellens upplösning, var det nödvändigt att manuellt säkra att skyddsbarriärerna var korrekt beskrivna i översvämningsmodellen.

För Götatunnelns och Tingstadstunnelns skyddsbarriärer har information hämtats ur Trafikverkets rapport "Instruktioner - Åtgärder vid högt vatten och hård vind". I rapporten beskrivs olika beredskapslägen och vilka barriärer som är permanenta respektive mobila barriärer.

Skyddsbarriärerna T1, T2, T3, T4 och T8 för Tingstadstunneln beskrevs i stort sett redan i översvämningsmodellen men genomgicks för att säkra att den var korrekt beskriven, se figur 5. Skyddsbarriär T5 var inte beskriven i översvämningsmodellen och har därför arbetats in i efterhand, se figur 6.

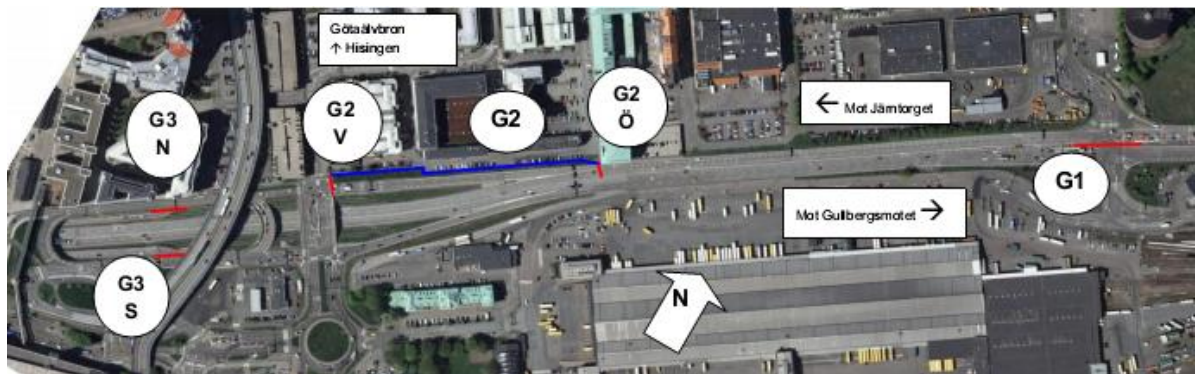


Figur 5 Permanenta och mobila skyddsbarriärer för den södra infarten till Tingstadstunneln i Göteborg. De blå skyddsbarriärerna är permanenta och de röda är mobila. Bild: Trafikverket.

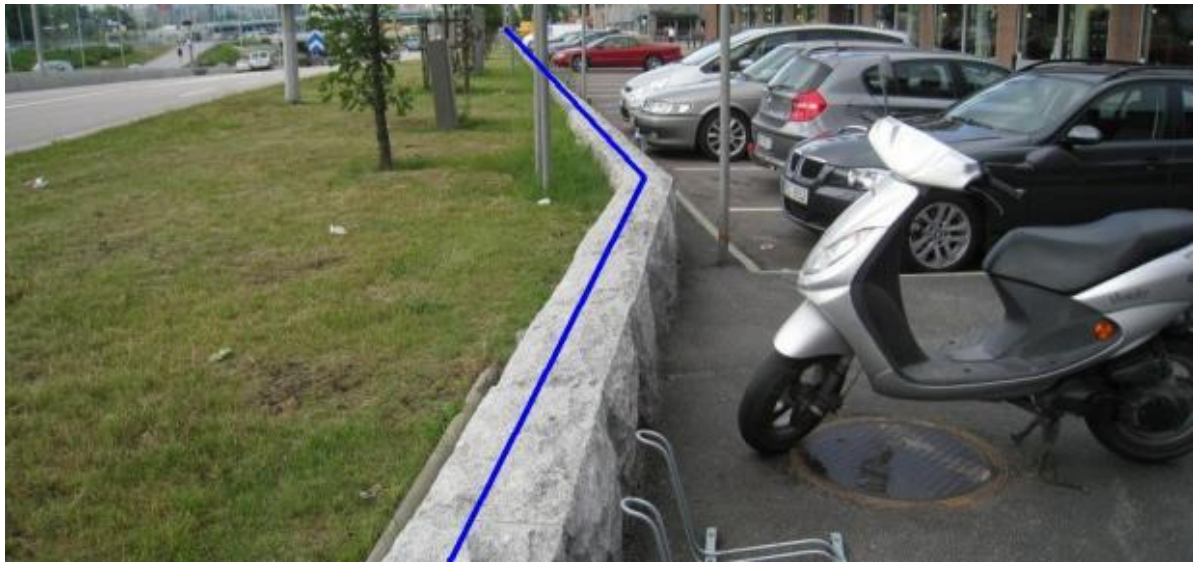


Figur 6 Översvämningsmodellen före och efter ändring av skyddsbarriär T5 i Norra Ågata och Gullbergsgata. De grå polygonerna är byggnader. Blå färg indikerar låg terräng och röd färg indikerar hög terräng.

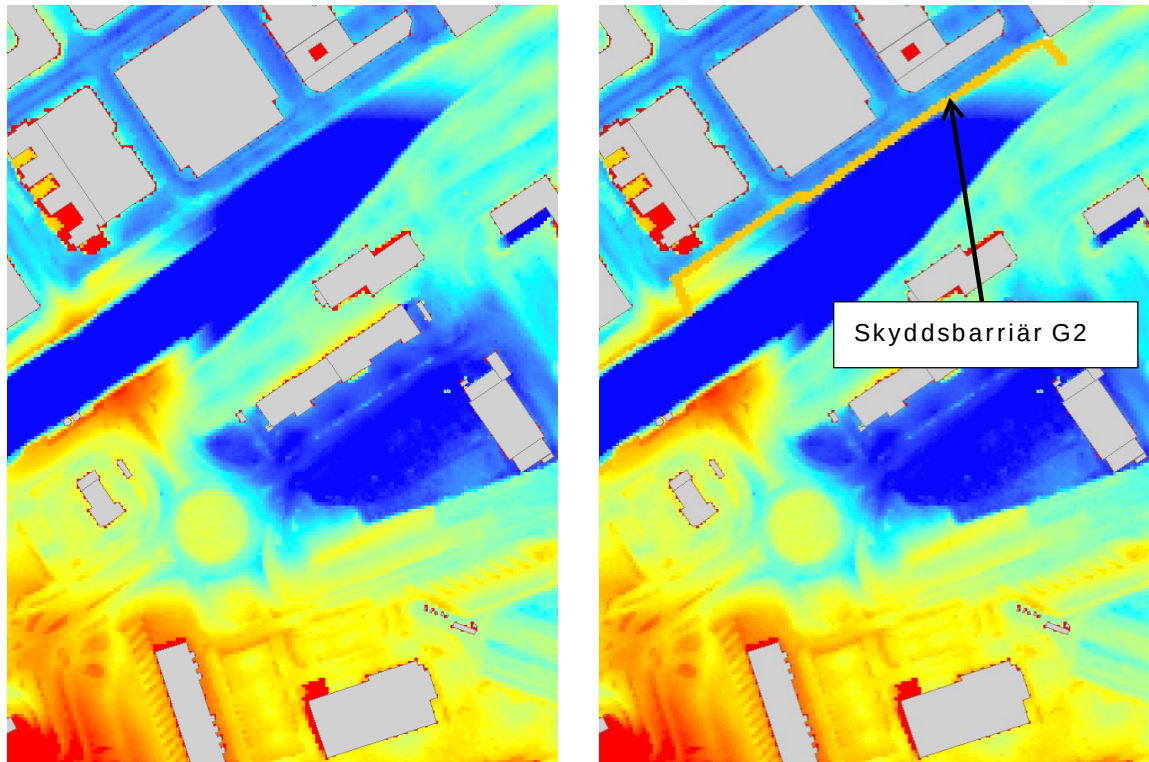
Den permanenta skyddsbarriären G2 var inte beskriven i översvämningsmodellen, eftersom den är så smal, se figur 7, figur 8 och figur 9. Denna skyddar rampen ner till Götatunneln, genom att hindra vatten från att komma ut på Mårten Krakowgatan. Skyddsbarriärerna G2 V och G2 Ö är mobila barriärer som sätts upp över Mårten Krakowgatans norra vägbana. Barriärerna har beskrivits i översvämningsmodellen.



Figur 7 Permanenta och mobila skyddsbarriärer för den östra infarten till Götatunneln i Göteborg. De blå skyddsbarriärerna är permanenta och de röda är mobila. Bild: Trafikverket.

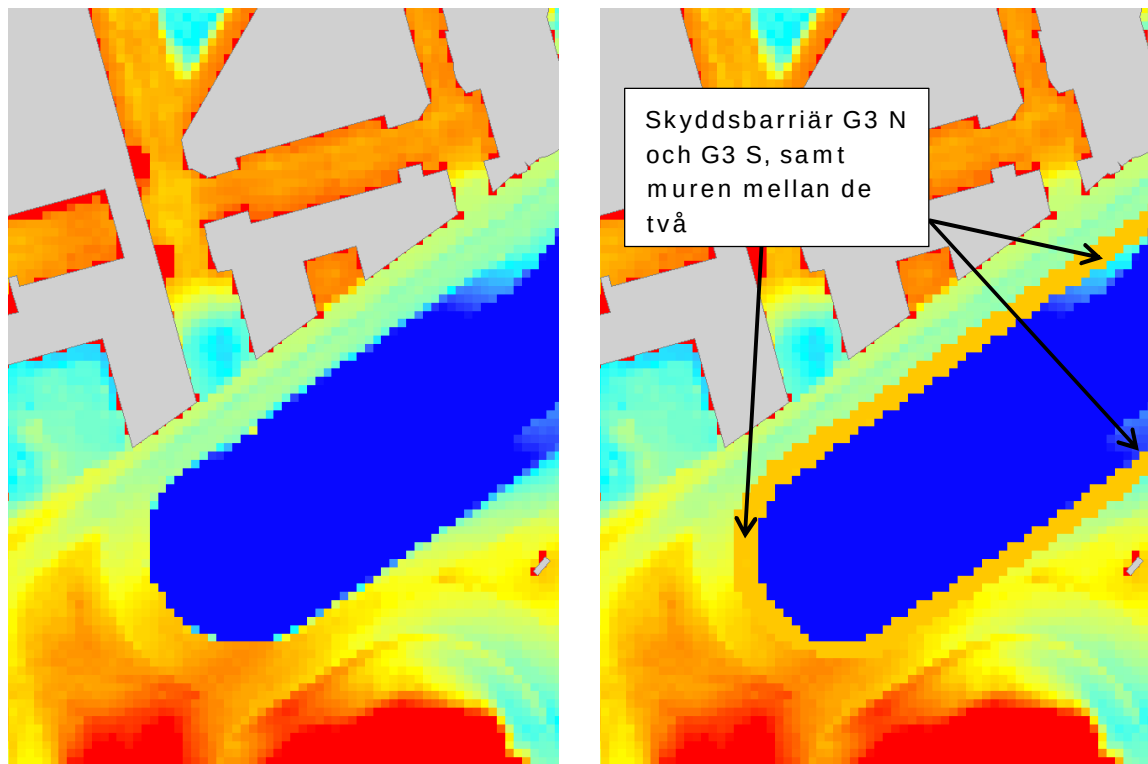


Figur 8 Den permanenta skyddsbarriären G2 för den östra infarten till Götatunneln i Göteborg. Bild: Trafikverket.



Figur 9 Översvämningsmodellen före och efter ändring av skyddsbarriär G2 längs Norra Ågatan och Gullbergsbrogata. De grå polygonerna är byggnader. Blå färg indikerar låg terräng och röd färg indikerar hög terräng.

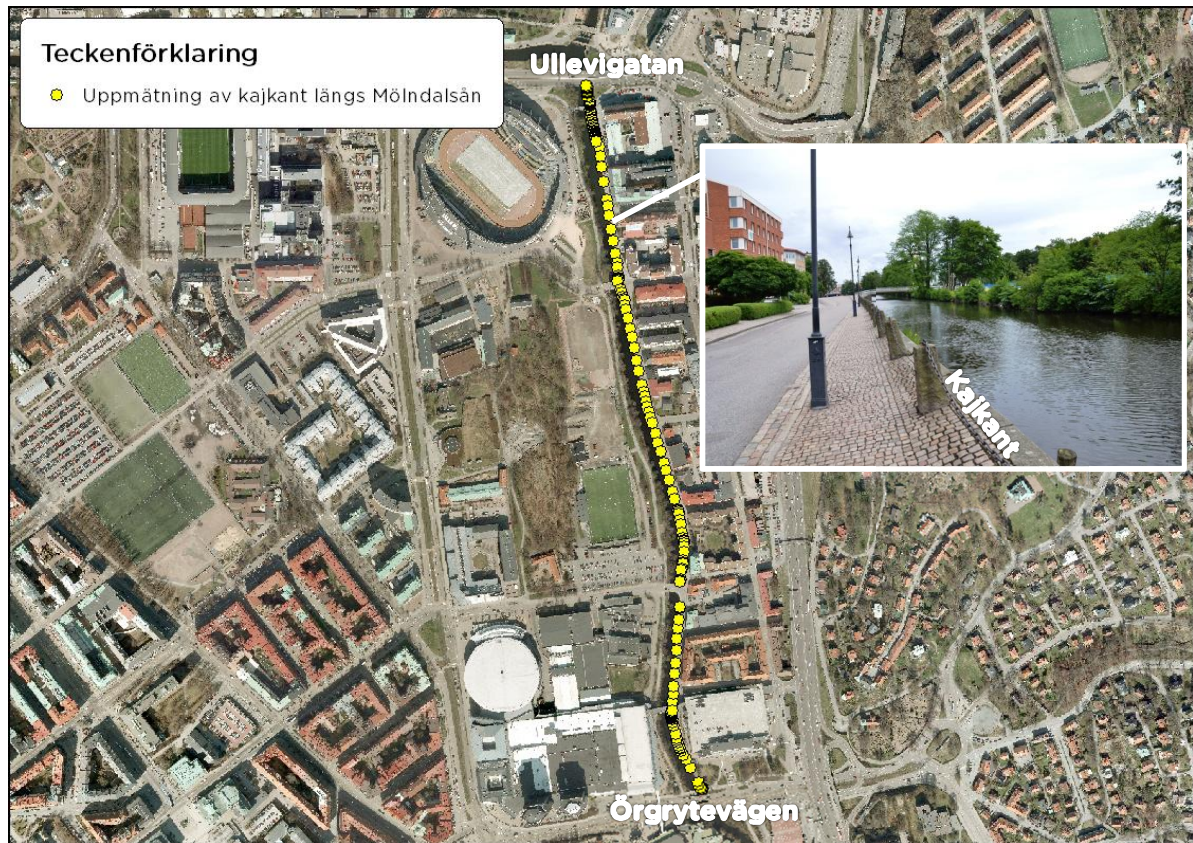
De mobila skyddsbarriärerna G3 N och G3 S lades in i översvämningsmodellen. Muren mellan dessa barriärer runt kanten av Götatunneln, som faktiskt agerar som skyddsbarriärer även om de inte är inritade i figur 7, lades även den in i översvämningsmodellen, se figur 7 och figur 10.



Figur 10 Översvämningsmodellen före och efter ändring av skyddsbarriär G3 N och G3 S runt Götatunneln. De grå polygonerna är byggnader. Blå färg indikerar låg terräng och röd färg indikerar hög terräng.

4.3.2 Kajkant längs Mölndalsån

Åvägen längs Mölndalsåns östra sida ligger i stort sett i samma höjd som vattennivån i Mölndalsån. Det enda som hindrar vattnet från att översvämma vägen är en förhöjd kajkant. Om vattennivån i Mölndalsån stiger ca 1 m kommer Åvägen att översvämmas. Då översvämningsmodellen har en upplösning i plan på 6 m finns en risk att den smala kajkanten inte är korrekt projicerad i översvämningsmodellen. Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad har mätt upp kajkanten mellan Örgrytevägen och Ullevigatan, se figur 11. Med hjälp av denna uppmätning har översvämningsmodellen uppdaterats för att säkra att kajkanten är korrekt projicerad. Detta betyder att vattennivån i Mölndalsån måste stiga ca 1 m innan Åvägen översvämmas.



Figur 11 Översikt av uppmätningen av kajkanten längs Mölndalsåns östra sida mellan Örgrytevägen och Ullevigatan.

4.4 Vattendragsmodell

Vattendragsmodellen beskriver helt eller delvis Mölndalsån, Fattighusån, Norra Hamnkanalen, Rosenlundskanalen, Vallgraven, Gullbergsån, Säveån, Kvillebäcken, Kålleredsbäcken, Balltorpsbäcken och Stora Ån, se Figur 12.

För Säveån byggdes en vattendragsmodell upp utifrån en djupmätning. Kvillebäcken byggdes upp utifrån en GPS inmätning, utförd av Ramböll. Övriga vattendrag härstammar från samma vattendragsmodell som MSB använde för sin kartläggning av översvämningsrisk längs Mölndalsån.

I vattendragsmodellen finns totalt 12 randvillkor, varav 7 är inflöde och 5 är vattennivå, se tabell 3. De är som utgångspunkt satt till dess medelvärde. Medelflödet för Balltorpsbäcken och Kålleredsbäcken är $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ tillsammans, vilket grovt har fördelats mellan vattendragen.



Figur 12 Översikt av vattendragsmodellen i MIKE 11

Boundary Description	Boundary Type	Bransch Name	Chainage Start	Boundary ID	Värde
Open	Inflow	Molndalsan	33050	Q från Källaredsbäcken	0,45 m ³ /s
Distributed Source	Inflow	Molndalsan	39480-39500	Q från Delsjön (Örgrytevägen)	0,3 m ³ /s
Point Source	Inflow	Molndalsan	34130	Q från Stensjön	3,7 m ³ /s
Point Source	Inflow	Stora_An	1958	Q i Balltorpsbäcken	0,1 m ³ /s
Point Source	Inflow	Stora_An	2735	Q i Stora ån	0,3 m ³ /s
Open	Inflow	SAVEAAN	59783	Q i Sälveån	21,5 m ³ /s
Open	Inflow	Kvillebacken	930	Q i Kvillebäcken	0,25 m ³ /s
Open	Water Level	Rosenlunds-kanal	1960	Nivå i älven	0,15 m
Open	Water Level	Fattighusan	1870	Nivå i älven	0,15 m
Open	Water Level	Stora_An	7975	Nivå i havet	0 m
Open	Water Level	SAVEAAN	64168	Nivå i älven	0,15 m
Open	Water Level	Kvillebacken	6397	Nivå i älven	0,15 m

Tabell 3 Översikt av randvillkoren i MIKE 11

4.5 Viktiga hydrauliska konstruktioner

4.5.1 Gårda Dämme

I höjd med Ullevi övergår Mölndalsån i Fattighusån. I närheten av denna övergång finns Gårda Dämme där vatten via en bräddkant kan ledas ut i Gullbergsån. Om vattennivån i Mölndalsån/Fattighusån är hög finns det även möjlighet att öppna flera stora luckor för att mer vatten ska kunna ledas ut i Göta Älv via Gullbergsån och Säveån. Dämmets funktion är att på konstgjord väg hålla vattennivån hög i Mölndalsån och Fattighusån för att undvika sättningar längs vattendragen.

Normalt är dämmet stängt och vattnet rinner över bräddkanten vid sidan om portarna. Hydromodellen har däremot främst använts till extrema flödessituationer där dämmet öppnas så fort vattennivån nedströms dämmet är lägre än uppströms. Om hydromodellen ska användas till att simulera normala flödessituationer måste styrningen av dämmet uppdateras för att motsvara normal styrning.

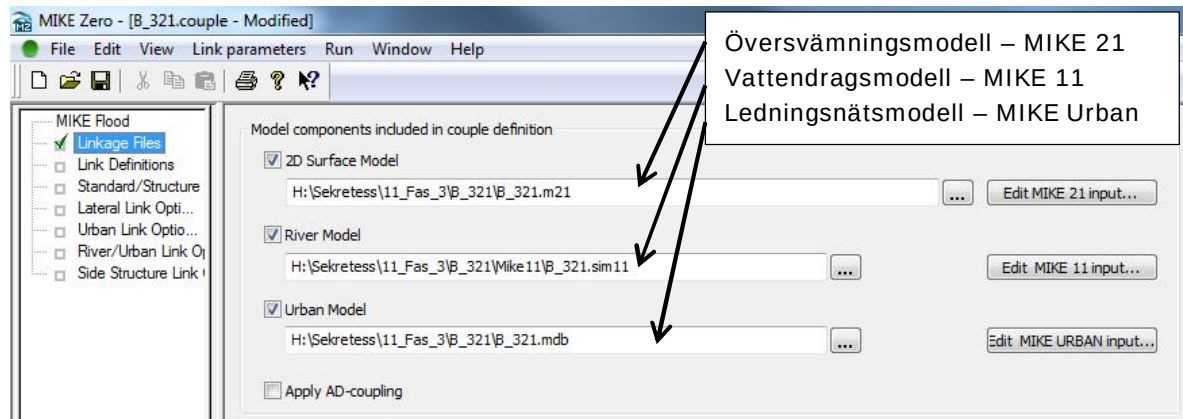
4.5.2 Slussen

I Fattighusån i höjd med Trädgårdsföreningen finns en sluss. Slussen är delad i två delar. Den norra delen består av en lucka som kan lyftas för att tillåta vatten att komma ut under luckan. Den södra delen av slussen består av en sluss som kan släppa båtar igenom Fattighusån.

Normalt är luckan delvis öppen och vattnet kan komma ut under luckan. Hydromodellen har däremot främst använts till extrema flödessituationer då luckan varit helt öppen för att så mycket vatten som möjligt ska släppas igenom. Om hydromodellen ska användas till att simulera normala flödessituationer måste styrningen av slussen uppdateras för att motsvara normal styrning.

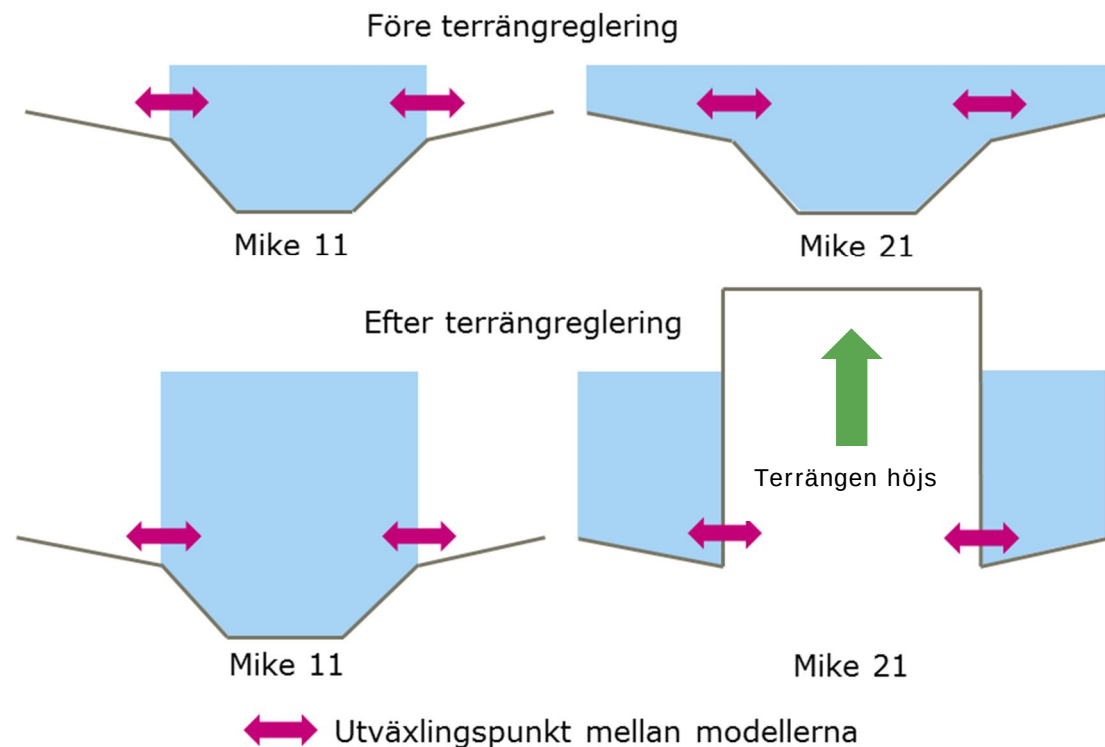
4.6 Tre-vägskoppling

För att kunna skapa en hydromodell med en MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21 modell måste en kopplingsfil (*.couple) skapas. Kopplingsfilen skapas och redigeras liksom för MIKE 11 och MIKE 21 modellen i en programvara som kallas MIKE Zero, se figur 13.



Figur 13 Skärmdump från fliken "Linkage Files" i MIKE Zero som visar vilka modeller som kopplas samman till en hydromodell.

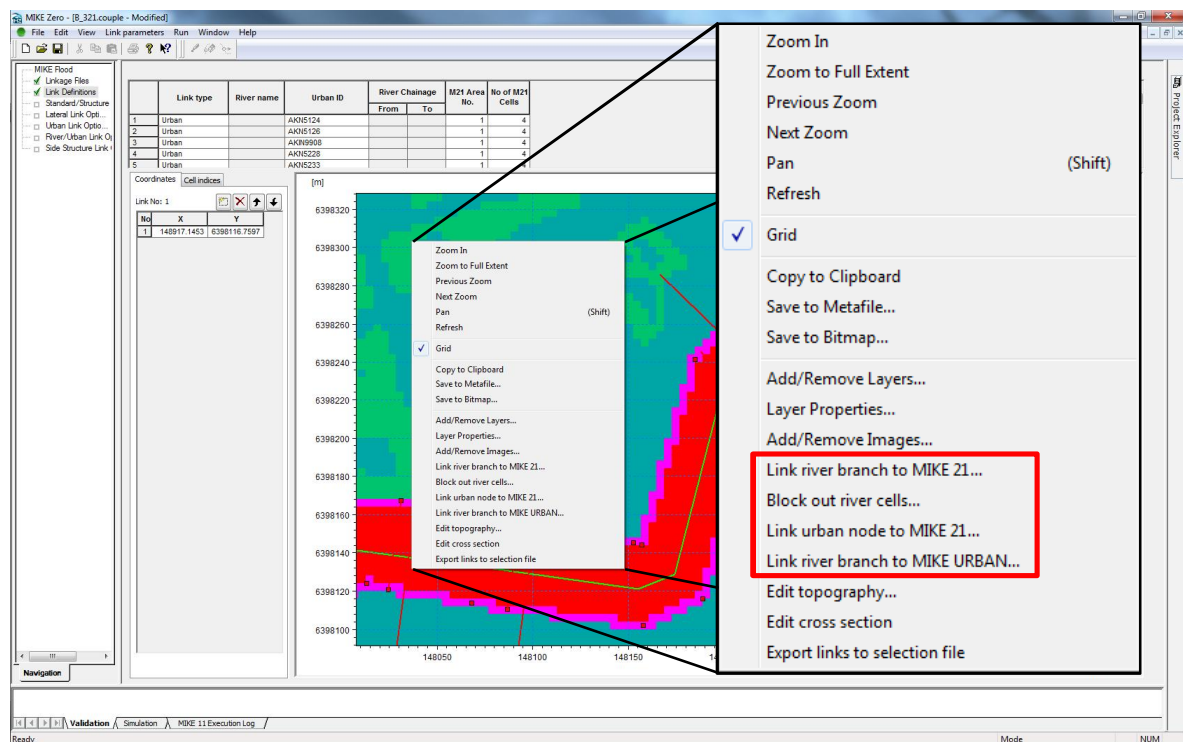
Cellerna i översvämningsmodellen, MIKE 21-modellen, mellan vattendragets sidor i MIKE 11-modellen höjs upp för att vattnet inte ska kunna magasineras i MIKE 11 och MIKE 21-modellen samtidigt. Detta skulle kraftigt överskatta MIKE 11-modellens transportkapacitet och därmed underskatta översvämningsrisken. 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.



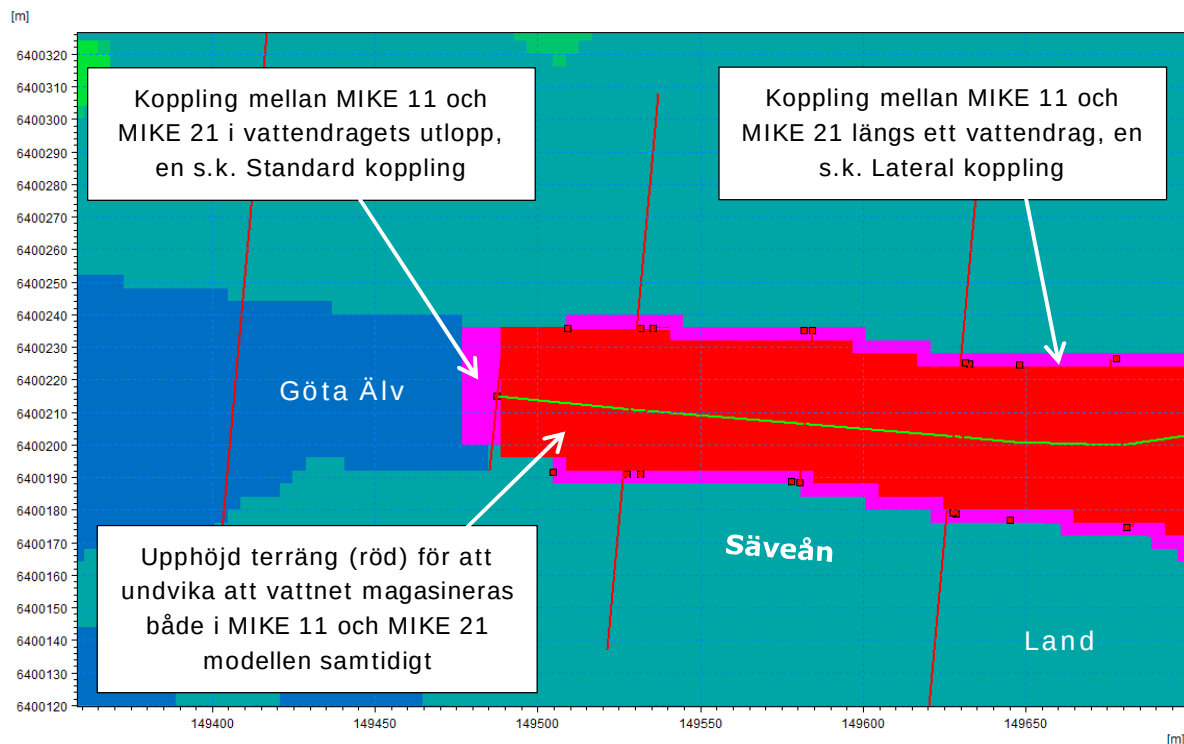
Figur 14 Principiell skiss som visar hur vattnet kan magasineras i MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen samtidigt och därmed underskatta översvämningsrisken. För att förhindra detta har terrängen i MIKE 21-modellen höjts på den ytan som MIKE 11-modellen beskriver.

När översvämningsmodell, vattendragsmodell och ledningsnätsmodell har valts i MIKE Zero måste kopplingspunkter mellan modellerna definieras. Detta görs under fliken "Link Definitions" i MIKE Zero, se figur 15. Genom att högerklicka på kartan synliggörs de tillgängliga verktygen för att koppla modellerna med varandra. Dessa är följande:

- Link river branch to MIKE 21 – Här definieras hur vattendragsmodellen ska kopplas till översvämningsmodellen. I projektet Hydromodell för Göteborg har två olika typer av kopplingar använts, se figur 16. Den första är en s.k. Lateral koppling, där kanten av vattendraget kopplas till översvämningsmodellen. Detta gör att om vattennivån stiger så översvämmas de omkringliggande områdena. Den andra är en s.k. Standard koppling, där utlopp eller inlopp till ett vattendrag kopplas till MIKE 21 modellen. Detta används vid vattendragens utlopp i Göta Älv. Om detta görs ignoreras den kopplade tidsserien i vattendragsmodellen och istället används vattennivån i Göta Älv som simuleras med MIKE 21 modellen. Tidsserien används endast för att initialt i simuleringen sätta vattennivån i vattendragen.
- Block out river cells – Detta verktyg genererar en markeringsfil som kan användas för att höja upp terrängen i vattendraget till Land Value, se figur 14.
- Link urban node to MIKE 21 – Här definieras vilka nedstigningsbrunnar i ledningsnätsmodellen som ska kopplas till översvämningsmodellen.
- Link river branch to MIKE Urban – Här definieras vilka utlopp i ledningsnätsmodellen som ska kopplas till vattendragsmodellen. Det är även möjligt att koppla bräddavlopp och pumpstationer till vattendragsmodellen, men dessa har dock inte använts i projektet Hydromodell för Göteborg.



Figur 15 Skärmdump från fliken "Link Definitions" i MIKE Zero där de individuella kopplingarna skapas.



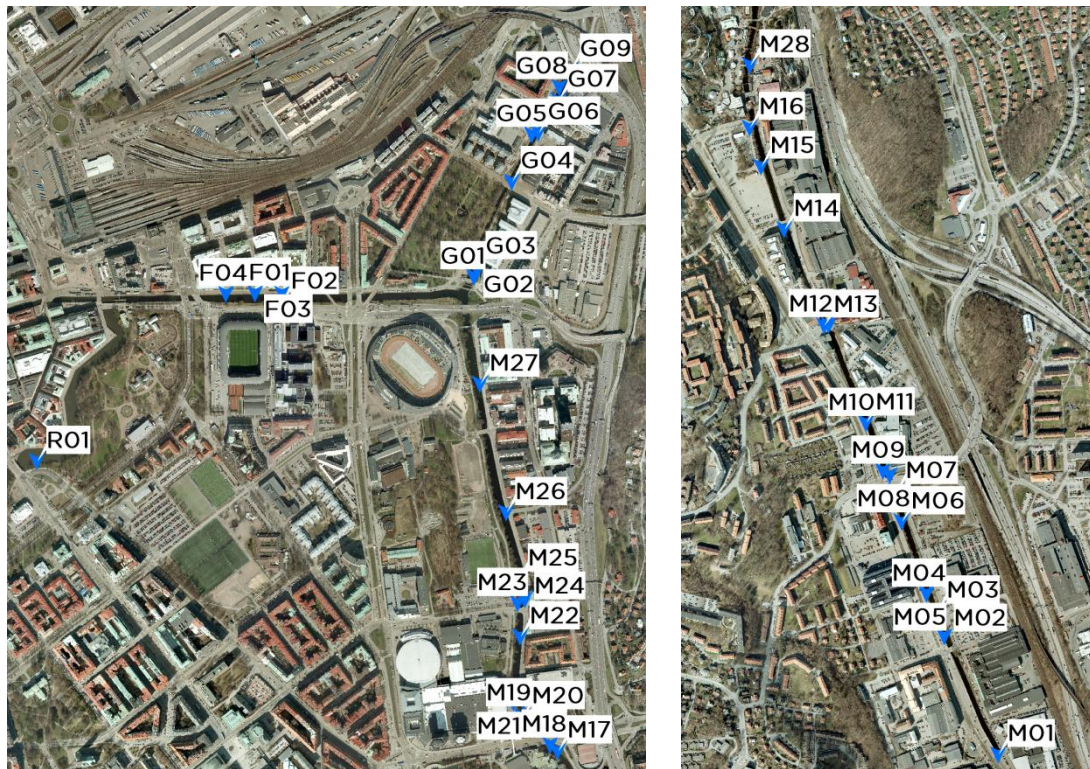
Figur 16 Översikt av hur kopplingarna mellan MIKE 11 och MIKE 21 ser ut i MIKE Zero vid Sävåns utlopp i Göta Älv.

Ledningsnätmodellen i MIKE Urban och översvämningsmodellen i MIKE 21 kan kopplas på olika sätt. Antingen kan kopplingen ske i MIKE Urban eller så kan kopplingen definieras i MIKE Zero. I MIKE Urban finns möjligheten att koppla nedstigningsbrunnarna i MIKE Urban till mer än en cell i översvämningsmodellen. Om nedstigningsbrunnarna kopplas till t.ex. 4 celler i översvämningsmodellen förbättras den numeriska stabiliteten i modellen. Därför har denna metod använts i hydromodellerna.

Den tredje och sista kopplingen sker mellan vattendragsmodellen och ledningsnätmodellen. I hydromodellen har utloppen i ledningsnätmodellen kopplats till översvämningsmodellen. MIKE Zero hittar själv närmaste sektion i vattendragsmodellen som utloppet ska kopplas till. Ett utdrag av kopplade utlopp mellan ledningsnätmodellen och vattendragsmodellen visas i figur 17. En översikt av alla utlopp visas i figur 18.

	Link type	River name	Urban ID	River Chainage		M21 Area No.	No of M21 Cells
				From	To		
893	River/Urban	Molndalsan	M01_ADN18204	37085.80			
894	River/Urban	Molndalsan	M02_ADN26585	37386.77			
895	River/Urban	Molndalsan	M03_ADN18220	37563.29			
896	River/Urban	Molndalsan	M04_ADN26797	37563.29			
897	River/Urban	Molndalsan	M05_ADN26797	37563.29			

Figur 17 Översikt av koppling mellan utlopp i MIKE Urban modellen och MIKE 11 modellen.



Figur 18 Översikt av utlopp till Mölndalsån, Gullbergsån, Fattighusån och Rosenlundschanalen i MIKE Urban-modellen. Dessa utlopp kopplas till MIKE 11-modellen i den sammansatta modellen.

BILAGA 1 MODELLFILER

I nedanstående tabell finns en kort beskrivning av filerna som hör till hydromodellen.

Ledningsnätmodell	GBG_Status.mdb	Ledningsnätmodellen i MIKE Urban
	GBG_Status.mex	Ledningsnätmodellen i mex format
	Stabilitets_flöde.mus	Selection fil till ledningsnätmodellen i MIKE Urban som innehåller brunnar som fiktivt belastas med ett mindre flöde för att stabilisera genereringen av vatten i ledningsnätmodellen.
Vattendragsmodell	GBG_Status.sim11	Vattendragsmodellen i MIKE 11
	GBG_Status.HD11	Inställningar till vattendragsmodellen i MIKE 11
	GBG_Status.bnd	Randvillkor till vattendragsmodellen i MIKE 11
	GBG_Status.nwk11	Nätverksfilen till vattendragsmodellen i MIKE 11
	GBG_Status.xns11	Tvärsnitten i vattendragsmodellen i MIKE 11
Översvämningsmodellen	GBG_Status.m21	Översvämningsmodellen i MIKE 21
	GBG_Status.dfs2	Höjdmodellen som används i översvämningsmodellen
	GBG_0_15_INWL.dfs2	Initial vattennivå i Göta Älv på +0,15 m
Sammankoppling	GBG_Status.couple	Kopplingsfil för MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21 modellerna