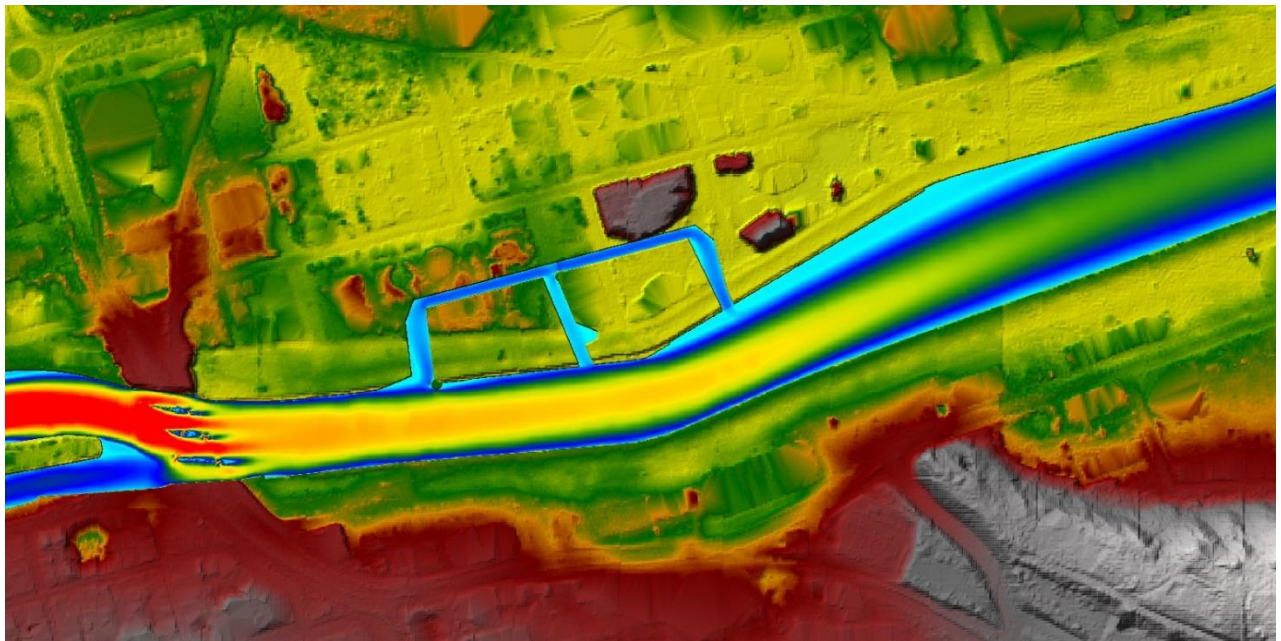


# PM INRE HAMNEN I NORRKÖPING – FÖRDJUPAD HYDRAULISK UTREDNING



Norrköping 2017-03-17

WSP Sverige AB

Michael Graspentner  
Granskad av: Karin Dyrestam och Anna Schabbauer

**WSP Samhällsbyggnad**

601 86 Norrköping  
Besök: Södra Grytsgatan 7  
Tel: +46 10 7225000  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
<http://www.wspgroup.se>

## 1 Bakgrund

Norrköpings kommun bygger ett nytt bostadsområde norr om Motala Ström strax nedströms Hamnbron. Området är ett f.d. industriområde och det finns föroreningar i marken som behöver avlägsnas. Inom området planerar Norrköpings kommun nu att bygga ett kanalsystem för ökad livskvalitet genom att möjliggöra bostadsnära rekreativmöjligheter såsom simning och paddling. Kanalen förses med vatten av Motala Ström och det är av hög vikt att vattenhastigheterna i kanalen vare sig är för höga eller för låga. Problem i anslutning till för låga hastigheter kan vara att vattenomsättningen blir alltför låg, med risk för illaluktande biologisk tillväxt. För höga hastigheter kan å andra sidan leda till faror för badande människor, liksom till skador på egendom, t.ex. båtar som kan slås emot kajkanter. Även hänsyn till badvattenkvalitet måste tas.

För att garantera en kanalgeometri som säkerställer såväl tillräckligt god vattenkvalitet som att vattenhastigheterna inte blir alltför höga, gör WSP en hydraulisk modellering av kanalsystemet.

## 2 Syfte

WSP har på uppdrag av Norrköpings kommun satt upp en ny hydraulisk 2D modell eftersom kanalutformningen har ändrats betydligt jämfört med tidigare utredningen (PM-referens) eftersom en landskapstävling nu har avslutats. WSP har tagit fram en ny utformning av geometrin i samarbete med Norrköpings kommun och input från Arkitektfirman Nyréns. Syftet med denna nya uppsättning är att säkerställa att den nya utformningen ger ett tillräckligt flöde för att få en tillräckligt god vattenkvalitet och hastigheter i kanalerna som inte är för låga eller höga.

## 3 Metod

Beräkningarna har utförts med programvaran HEC-RAS 5.0.3 som är ett open-source program från USACE (United States Army Corps of Engineers). Saint-Venants fullständiga flödesekvationer har använts vid beräkningarna. Som övre- och nedre randvillkor har flödesdata från Motala ström används ihop med vattenståndsdata från Bråviken för att se hur hastigheterna i den nya kanalen påverkas av de olika randvillkoren

En terrängmodell (topografisk) har konstruerats i ArcGIS med hjälp av laserdata över området tillsammans med ekolodningsdata från Motala ström och ritningar för Hamnbron (bropelare). Denna topografiska modell har kombinerat med geometrin för det planerade kanalsystemet, med hjälp av ArcGIS.

## 4 Förutsättningar

Kanalens geometri är i grunden baserad på kommunens strukturplan samt ytterligare kompletterande information angående förändringar i nämnd strukturplan för området så som landskapstävling, utflyttad kajkant och nya förslag för kanalgeometrin som WSP har tagits fram i samarbete med kommunen och avstämning med Nyréns.

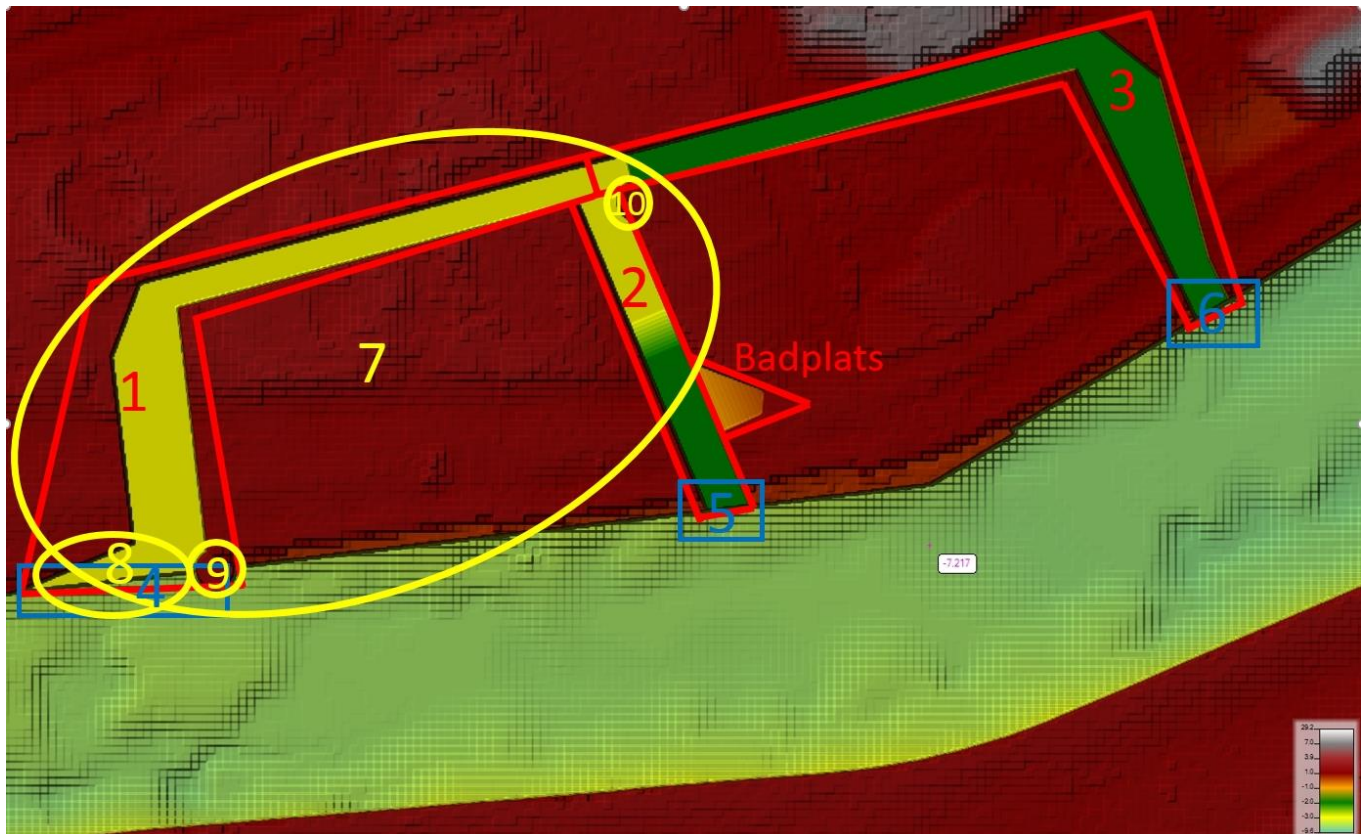
Flödena för Motala Ström kommer från SMHIs vattenweb och information om friktionskoefficienter längs Motala ström och kanalens sidor har uppskattats utifrån hydraulisk referenslitteratur (Chow et. al.1986, Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln 2012). Hamnbron som ligger strax uppströms området har tagits med i modellen. Bropelarna har lagts in utifrån konstruktionsritningar.

Den nya kanalen i "Inre Hamnen" antas vara i betong och kanalkonstruktionen antas ha vertikala väggar och platt (horisontell) botten. Följande information har använts som indata vid modelleringen:

- Laserdata (NNH-data) (Norrköpings kommun)
- Ekolodning av Motala ström (Iterio)
- Konstruktionsritningar Hamnbron (BaTMan, Trafikverket)
- Flöde från SMHIs webbsite Vattenweb (SMHI)
- Havsvattenstånd i Bråviken från SMHIs website OceanWeb (Mätstation Marviken)
- Kommunens strukturplan för området Inre Hamnen (dwg-fil)
- Kanalens geometri enligt det vunna förslaget i landskapstävlingen
- Förslag på ny geometri av kanalen från WSP med input från kommunen samt Nyréns och Tyréns
- Information om placering av pålar längs nya kajkanten (ritning WSP)
- Information om bottenmaterial (muntlig från Magnus Widfeldt, WSP samt rapport från en geoteknisk undersökning runt Strömsholmen, WSP 2008)

### 4.1 Förklaringar av begrepp rörande geometrin

Figur 1 visar hur kanalens geometri har utformats i den nya uppsatta modellen. Även förklaringar av hur olika delar av kanalen kommer att benämnas i rapporten.



Figur 1 Förklaringar av beteckningar för olika kanaldelar i rapporten

#### Kanaldelar i rött

- 1) Kanal-del väst
- 2) Kanal mellersta del
- 3) Kanal-del öst

#### Öppningar i blå

- 4) Öppning väst
- 5) Öppning mitt
- 6) Öppning öst

#### Förändringar av kanalgeometrin i gul

- 7) Nytt djup vid kanal del väst och delar av mellersta kanal
- 8) Större öppning väst
- 9) Vattendelare vid öppning väst
- 10) Vattendelare vid övergång från kanal del 1 till mellersta och östra kanaldel

## 4.2 Önskvärd maximal omsättningstid och badvattenkvalitet

Enligt PM – Förutsättningar för vattenkvalitet från Peter Jonsson (WSP, 2016-12-08) ska medelomsättningstiden i kanalen inte överstiga ett dygn för att säkerställa att dålig luft- och vattenkvalitet undviks och ingen algbloomning sker.

Däremot beror badvattenkvalitet mindre på syrehalt och näringsämnen som har betydelse för dåligt luft och vattenkvalitet utan av mängden bakterier t.ex. E-coli och Enterokocker. Dessa återfinns i avföring från människor, djur och fågel och dagvatten kan bli en källa för detta. Därför måste man ta hänsyn till dagvatten som kommer att nå vattnet i kanalen.

## 4.3 Maximala flödeshastigheter

Enligt uppgift från Marcus Höök (WSP) ska flödeshastighet i kanalen understiga 0,5 knop för att undvika skador på egendom, t.ex. båtar som kan slås emot kajkanter.

# 5 Beräkningar

WSP har utfört modellering för ett nytt bas-scenario, ett scenario med ny geometri och ett annat scenario där delar av geometrin har förändrats. Respektive scenario kan innehålla olika kombinationer av geometri, flöden och havsvattenstånd.

## 5.1 Randvillkor

2-dimensionella hydrauliska modeller behöver randvillkor på båda sidor av beräkningsområdet, upp- såväl som nedströms. För modelleringens inflöde till systemet (d.v.s. flödet i Motala Ström) har ett flöde satts som övre randvillkor och vattenstånd, motsvarande vattenståndet i Bråviken, har satts som nedre randvillkor.

### 5.1.1 Flöde

Olika flöden har använts för att modellera systemet vid olika tänkbara förutsättningar (kombinationer av flöden, vattenstånd och kanalgeometri). De använda flödena är, medelflöde (MQ) samt ett lågt (ca. MLQ) och ett högt (ca. MHQ) flöde:

Lågt flöde MLQ = 50,0 m<sup>3</sup>/s

Medelflöde MQ = 99,5 m<sup>3</sup>/s

Högt flöde MHQ = 185,0 m<sup>3</sup>/s

### 5.1.2 Vattenstånd

Modelleringen har även gjorts för olika vattenstånd, motsvarande lågt vattenstånd, ett medelvattenstånd samt ett relativt högt vattenstånd, (som med måttlig sannolikhet skulle kunna ha en varaktighet av några dagar, i Bråviken).

Lågt vattenstånd = 0,0 m

Medelvattenstånd = 0,15 m

Högt vattenstånd = 0,30 m

## 5.2 Modellosäkerhet

Eftersom kanalen inte finns idag är det omöjligt att göra en kalibrering över hur väl modellen representerar de verkliga förhållandena. Detta är den primära osäkerheten rörande modelleringen och är i dagsläget omöjlig att komma ifrån.

Ytterligare osäkerheter finns kopplade till råheten (friktionskoefficienterna) längs kanalen och strömmens botten och sidor, vilka har uppskattats. Flytbryggorna har tagits med i beräkningarna genom att en högre råhet har antagits vid flytbryggornas placering. Även för det nedre randvillkoret finns det en del osäkerheter i och med att modellen inte går hela vägen ned till Bråviken. Vilket kan resultera i att vattenstånden i modellen underskattats något. Det finns också matematiska termer vilka kan förändras och påverkar resultat t. ex. Eddy-viskositet-koefficient vilket påverka transversal blandning och som behöver kalibrering. För att säkerställa att felmarginalen är så liten som möjligt har denna term förändrats några gånger för att se påverkan och för att kunna uppskatta termen på bästa sätt och de olika resultaten har jämförts med ganska grova flödeshastighetsmätningar längs Strömsholmen och Hamnbron genomfört av Michael Graspentner.

Av dessa skäl råder det en viss osäkerhet kring resultatens noggrannhet, men storleksordningen av resultaten bör ses som pålitlig. Upplösningen av beräkningsnätet spelar en viss roll för hur noggranna resultaten blir. Beräkningsnätet har valts på ett sätt som säkerställer en stabil modell som inte skulle ge annorlunda resultat även om upplösningen ökades ytterligare (d.v.s. mer finmaskigt beräkningsnät).

Hamnbrons bropelare som är placerad uppströms kanalen har tagits med i modellen efter ritningar som finns tillgängliga. Dessa är ritade på ett grovt sätt i ArcGIS och påverkar därför också osäkerheten något. Att en ny bro nedströms Hamnbron närmare kanalen kan tänkas byggas med okänd placering av bropelare och att Hamnbron i framtiden kan tänkas rivas leder till ytterligare osäkerheter vad gäller strömningsförhållandena i Inre Hamnens kanalsystem.

## 5.3 Scenarier

Två olika huvudgeometrier - en basmodell och nya geometrin - samt några variationer av den nya geometrin har modellerats. Basmodellen motsvarar den gamla kanalgeometrin ungefär samt ny kajlinjen och resultatet av landskapstävling och den nya geometrin omfattar alla föreslagna förändringar. Variationer av den nya geometrin omfattar bara en förändring var för att kunna se påverkan av de olika förändringarna. Basgeometrin och den nya geometrin har kombinerats med lågt, medel och högt flöde samt tillhörande vattenstånd

(hur flödet och vattenstånd kombineras visas i Tabell 1). Variationer av den nya geometrin har kombinerats med lågt flöde samt tillhörande vattenstånd.

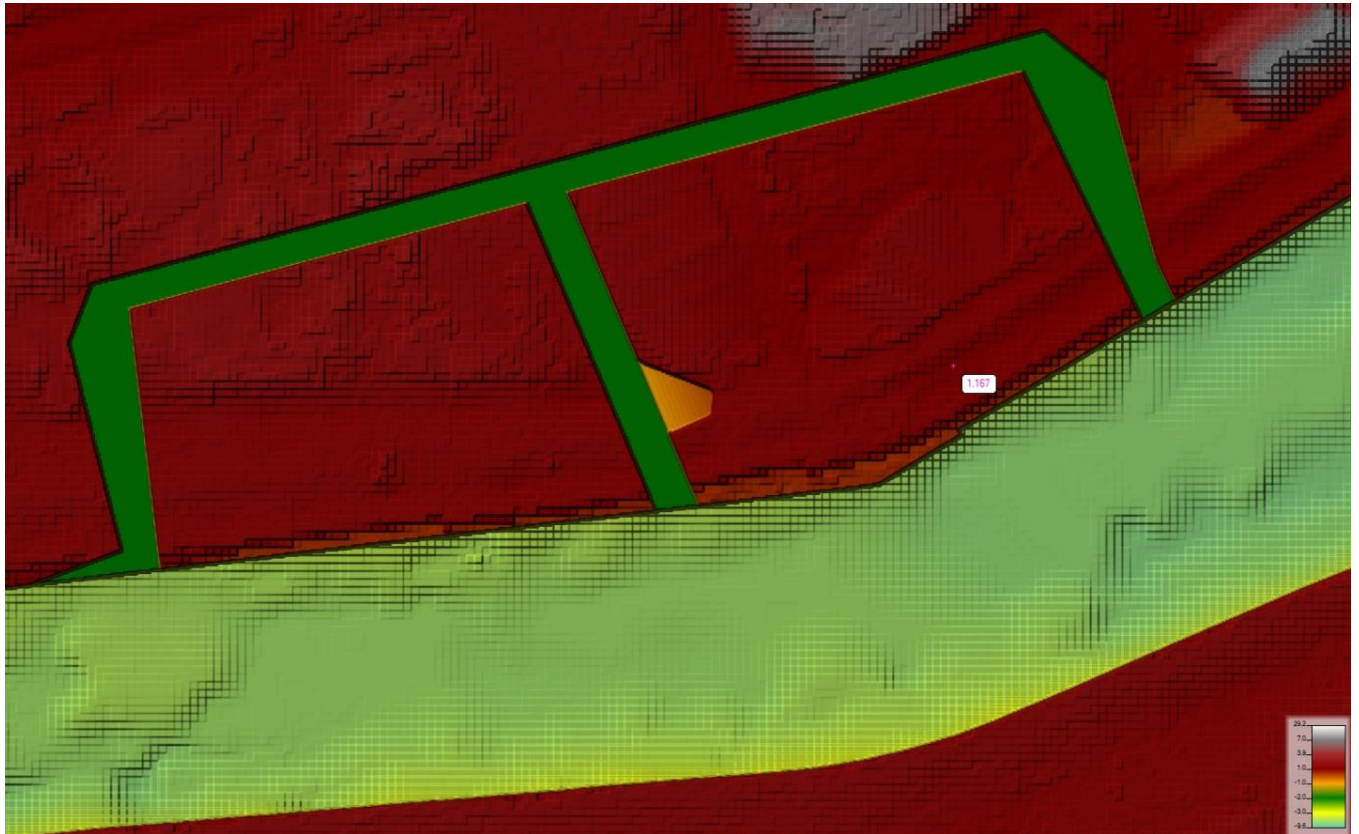
Tillhörande vattenstånd betyder i detta fall att kombinationerna har gjorts på detta sätt att förstärka påverkan av flödena. Kombination 1 kan ses som ett "extremscenario" för låga hastigheter och kombination 3 ett "extremscenario" för höga hastigheter. Kombination 2 är "medelscenario"

Tabell 1: Flöden och tillhörande havsvattenstånd.

Kombination	Flöde (m <sup>3</sup> /s)	Havsvattenstånd (m)
1	50,0	0,30
2	99,5	0,15
3	185,0	0,00

### 5.3.1 Scenario 1: Basgeometri

Scenario 1 har satts upp med kanalgeometrin enligt kommunens strukturplan samt ytterligare kompletterande information angående förändringar i nämnd strukturplan för området så som landskapstävling, utflyttad kajkant och visas i Figur 2. Bottenhöjden är -2,0 m och -1,0 m där -0,1 m avser höjd vid badplatsen. Scenario har satts upp för att ha en referens hur mycket flödet förbättras med nya geometrin och behövdes efter betydande förändringar i geometrin jämfört med tidigare utredningar. Geometrin har kombinerats med lågt, medel och högt flöde samt variationer av termen för Eddy viskositet koefficient (0, 0,1 och 0,5).



Figur 2 Basgeometri

### 5.3.2 Scenario 2: Ny geometri

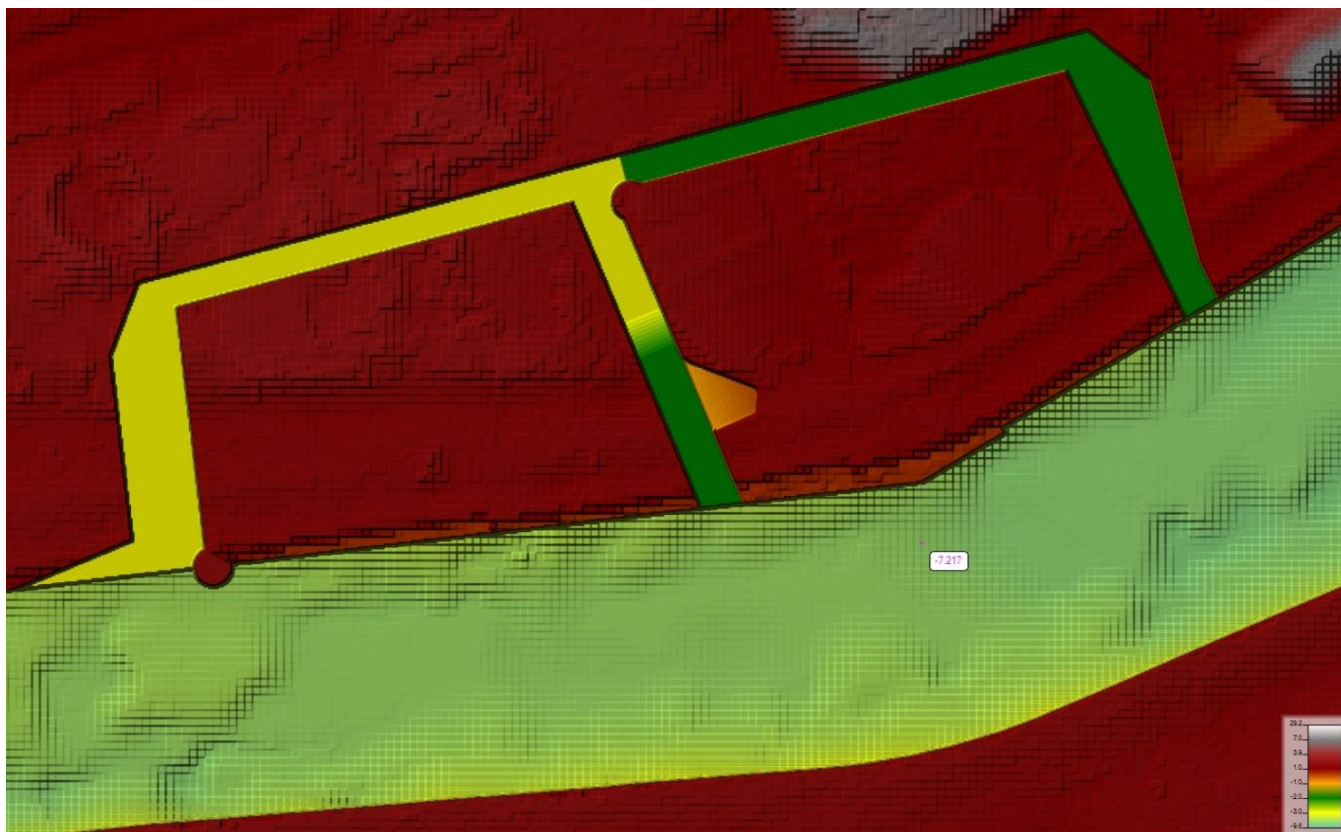
För scenario 2 har basgeometrin tagits och förändrats enligt förslaget från WSP och ska säkerställa tillräckligt flöde i kanalsystemet. Förändringarna är:

- Djupare kanal vid kanal-del väst och delar av den mellersta kanalen (bottenhöjd -3,0 m) med en plötsligt högre botten i kanal-del öst (bottenhöjd -2,0 m) och en ramp till högre bottenhöjd i mellersta kanaldelen (bottenhöjd -2,0 m).
- Större öppning vid öppning väst.
- Vattendelare vid öppning väst
- Vattendelare vid övergång kanal del 1 till mellersta och östra kanaldel

Geometrin visas i Figur 3.

Geometrin har kombinerats med lågt- medel- och högt flöde samt variationer av termen för Eddy viskositet koefficient (0, 0,1, 0,5). Medel och högt flöde har valts för att se vanligaste hastighet och flöde i kanalen och jätte stora hastigheter i kanalen för att säkerställa att maximala hastigheter inte överskrids.





Figur 3 Ny geometri av kanalen

### 5.3.3 Scenario 3: Variationer av förändringar

I scenario 3 har alla förändringar var kombinerats med basgeometrin för att se andel av påverkan av förbättring av flödet. Alla fyra geometrier har kombinerats med lågt flöde.

## 5.4 Omsättningstid

Medelomsättningstiden för vattnet i kanalen har beräknats utifrån volymen i kanalen jämfört med flödet genom delar av kanalen. Vid delar med mindre hastigheter (t. ex. hörnor och sidor) är omsättningen lite mindre och i mitten av kanalen, med högre hastigheter, lite högre.

## 6 Resultat

I följande avsnitt presenteras resultat från modelleringen av de olika scenarierna. För de resultat som antas gällande har Eddy viskositet koefficient = 0,5 valts för att de resultaten har mest likadana flödes hastigheter runt Strömsholmen jämfört med de grova mätningarna för flödes hastighet. Resultat med lägre Eddy viskositet koefficient nämns också om de har betydelse.

## 6.1 Scenario 1: basgeometri

Scenario 1 visar flöde, flödes hastigheter, flödesriktningar och medelomsättningstid vid den valda geometrin. Resultaten visar att det finns ganska bra flöde genom de västra och östra kanal delarna men bara ett litet flöde genom den mellersta kanalen. Det visas också att de finns inflöde genom västra delen av kanalen och den mellersta kanalen. Flödet genom de olika kanal delarna visas i Tabell 2 - Flödes hastigheter vid MLQ är under 0,04 m/s och vid MHQ maximalt 0,1 m/s. Flödes hastigheter visas i Figur 4 och Figur 5. De röda pilarna i figuren visar flödesriktningen.

I Tabell 3 visas medelomsättningstid för de två olika vägarna vatten kan ta. Resultat visar tydligt att den valda geometrin inte har tillräcklig omsättningstid och att maxtiden är 574 timmar, vilket är mycket längre än målet som är maximalt ett dygn.

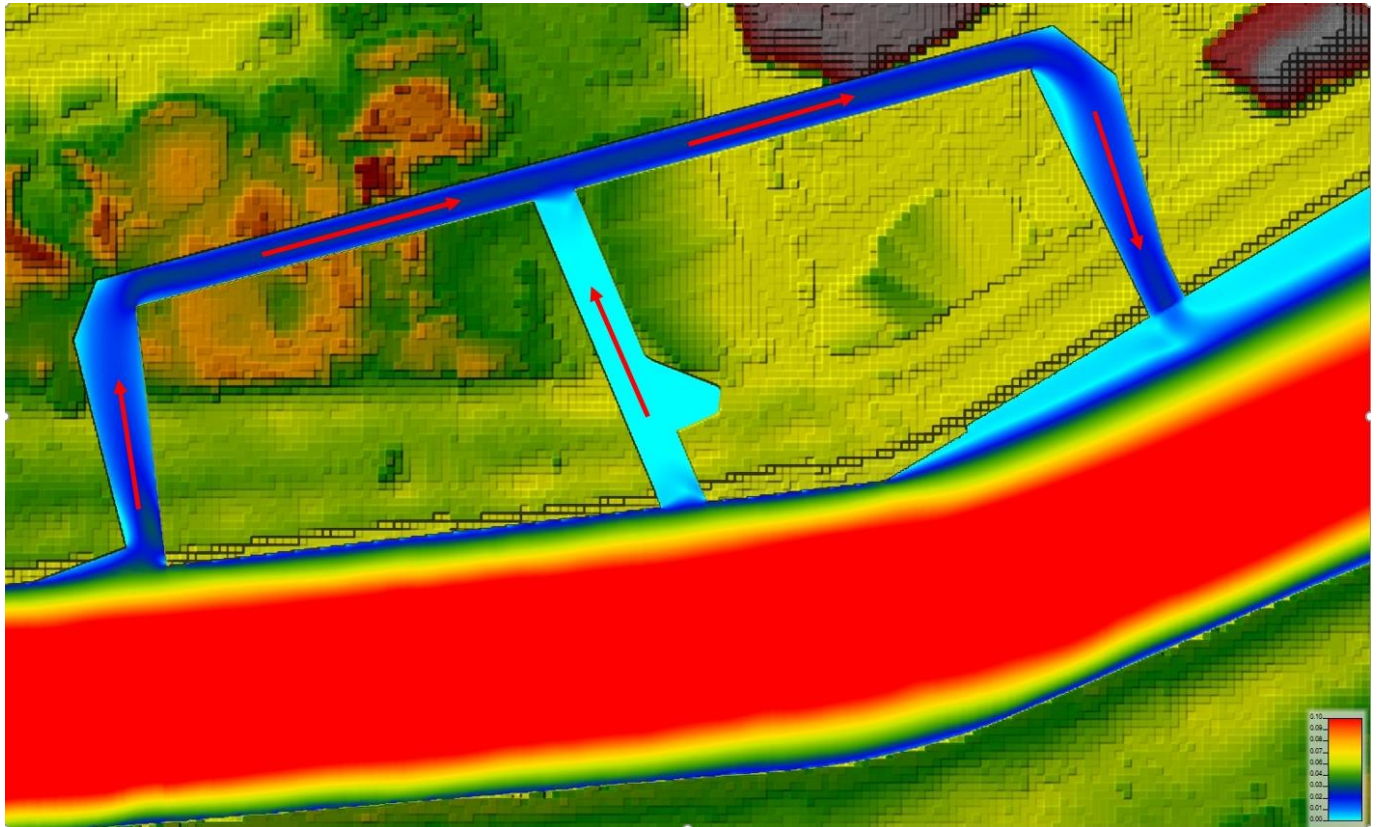
Tabell 2 Flöde genom olika kanal delar vid scenario 1

	Kanal-del väst	Mellersta kanalen	Kanal-del öst
MLQ	0.416 m <sup>3</sup> /s	0.001 m <sup>3</sup> /s	0.417 m <sup>3</sup> /s
MQ	0.76 m <sup>3</sup> /s	0.02 m <sup>3</sup> /s	0.78 m <sup>3</sup> /s
MHQ	1.26 m <sup>3</sup> /s	0.08 m <sup>3</sup> /s	1.34

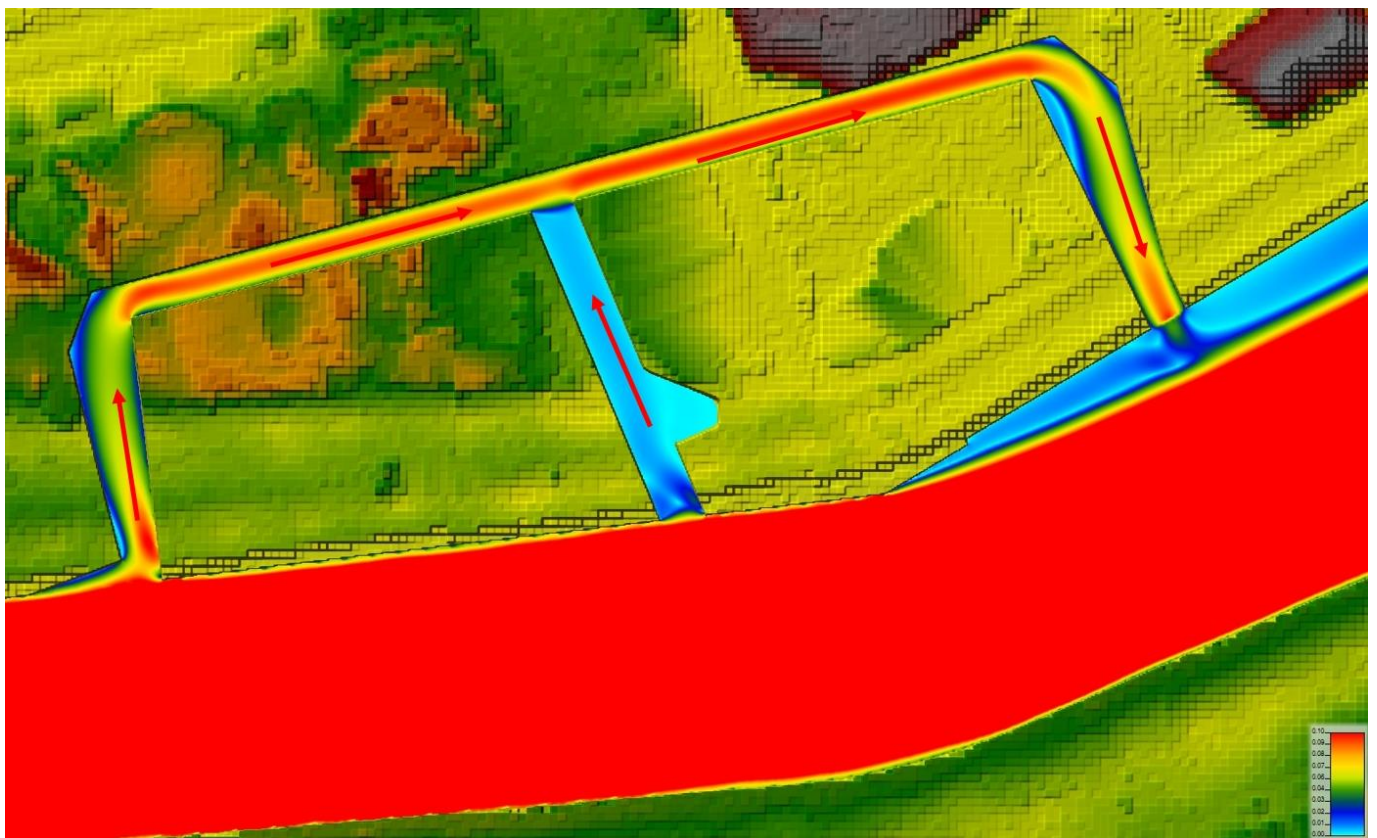
Tabell 3 Medelomsättningstid i kanalen vid scenario 1

	Medelomsättningstid längs kanal-del väst och kanal del öst	Medelomsättningstid längs den mellersta kanalen, del öst
MLQ	6.1 tim	574 tim
MQ	3.1 tim	28.3 tim
MHQ	1.7 tim	7.1 tim

Modelleringar med lägre Eddy viskositet koefficienter visar lite lägre flöde vid kanal-del väst och öst men ett lite högre inflöde genom den mellersta kanalen. Resultatmässigt medför detta kortare omsättningstider men fortfarande omsättningstider längre än 24 timmar. Skillnaden av inflöde genom den mellersta kanalen beroende på olika Eddy viskositet koefficienter, visar osäkerhet om det finns inflöde genom den mellersta kanalen och är en stark anledning att säkerställa inflödet bara genom kanal-del väst och utflöde genom kanal-del öst och den mellersta kanalen.



Figur 4 Flödeshastigheter i kanalen vid scenario 1 med lågt flöde. Pilarna visar flödesriktning



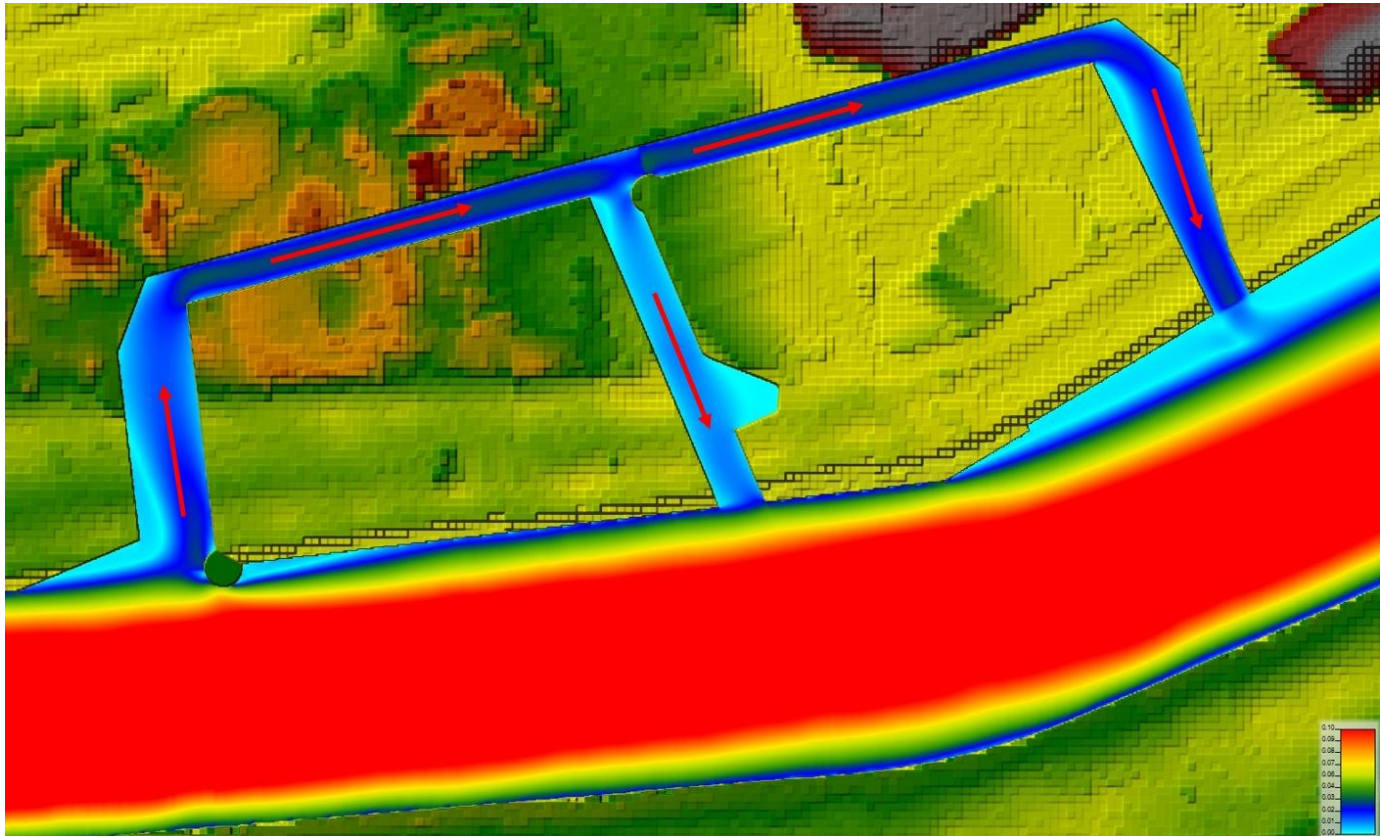
Figur 5 Flödeshastigheter i kanalen vid scenario 1 med högt flöde. Pilarna visar flödesriktning

## 6.2 Scenario 2: Ny geometri

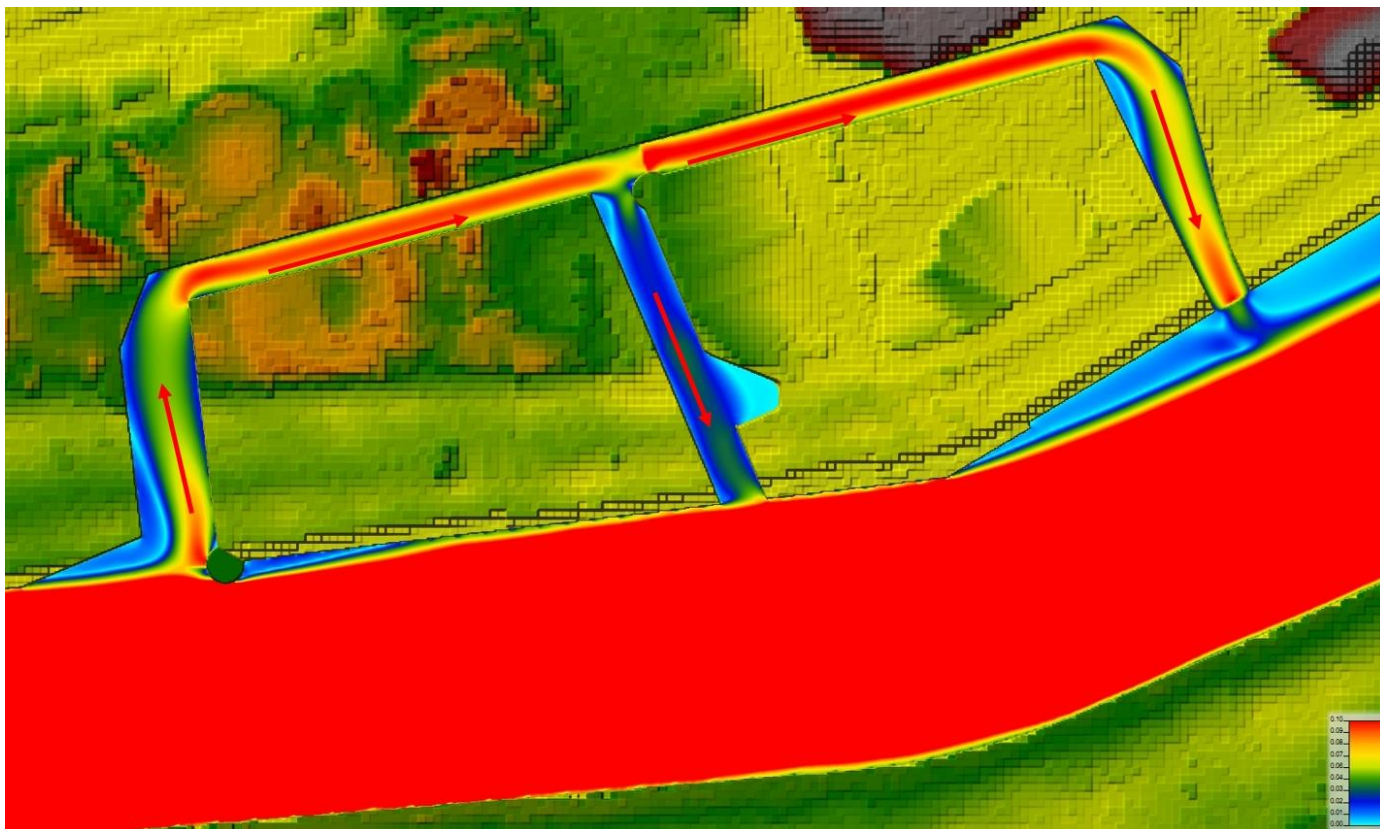
Resultaten av scenario 2 visas flöde, flödes hastigheter, flödesriktning och medelomsättningstid efter alla förändringar i geometrin. Det visas att resultatet förändras betydligt. I Tabell 4 visas flödena i de olika kanaldelar. I kanal-del väst har flödet ökat med ca. 50 % jämfört med flödet av scenario 1 vid ett ca. 50 % större tvärsnitt. I mellersta kanalen har flödet dock ökat betydligt mer och gått upp från nästan 0 till 0,19 m<sup>3</sup>/s. Flödesriktning har också förändrats och vatten flyta in genom kanal del väst och ut genom mellersta kanal och kanal del väst som man kan se i Figur 6. Denna figur visar också flödes hastigheter vid lågt flöde och Figur 7 visar flödes hastigheter vid högt flöde. I båda figurer visas flödesriktning med röda pilar. Det ljusblå i dessa figurer motsvarar en vatten hastighet av nästan noll, mörkblått runt 0,02 m/s, grönt ca. 0,04 m/s, gult ca. 0,06 m/s, oranget ca. 0,08 m/s och rött ca. 0,1 m/s. I Figur 6 och Figur 7 syns att vid lågt flöde finns det zoner med låga flödes hastigheter runt hörnor av den västra öppningen, den mellersta kanalen och västra kanalen, vilket är vanligt vid förekomst av skarpa hörnor. Dessutom är hastigheter vid badplatsen ungefär noll vilket betyder att det nästan inte finns något flöde vid badplatsen. Problemet med ett nästan obefintligt flöde vid badplatsen finns även vid högt flöde då flödet i mellersta kanalen är 0,55 m<sup>3</sup>/s istället för 0,19 m<sup>3</sup>/s som det är vid lågt flöde. Detta visar att badplatsen behöver något extra in- eller utflöde (se XXXXX). Högsta flödes hastigheter vid högt flöde är ca. 0,1 m/s vilket motsvarar ca. 0,2 knop vilket är betydligt lägre än den önskvärda hastigheten på 0,5 knop.

Tabell 4 Flöde genom olika kanaldelar vid scenario 2

	Kanal-del väst	Mellersta kanalen	Kanal-del öst
MLQ	0.63 m <sup>3</sup> /s	0.19 m <sup>3</sup> /s	0.44 m <sup>3</sup> /s
MQ	1.18 m <sup>3</sup> /s	0.35 m <sup>3</sup> /s	0.83 m <sup>3</sup> /s
MHQ	1.96 m <sup>3</sup> /s	0.55 m <sup>3</sup> /s	1.41 m <sup>3</sup> /s



Figur 6 Flödes hastigheter i kanalen vid scenario 2 med lågt flöde. Pilarna visar flödesriktning



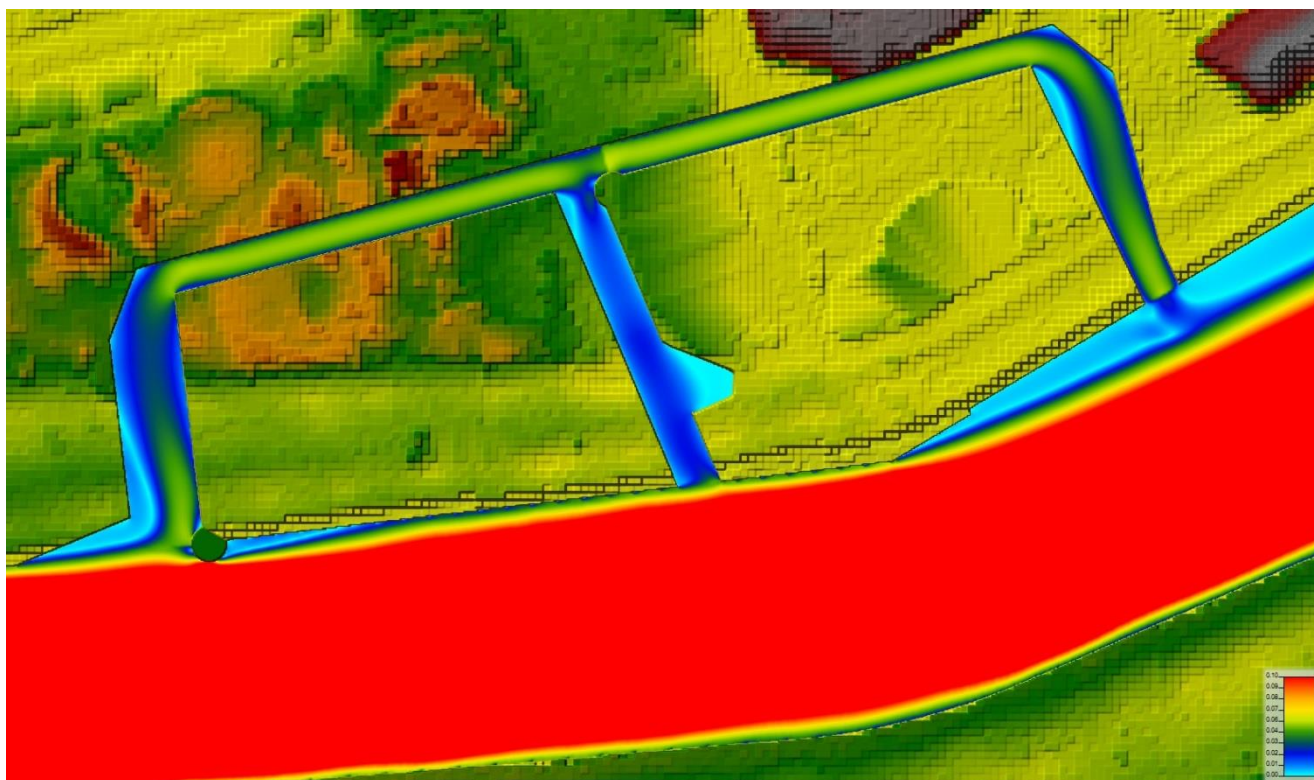
Figur 7 Flödes hastigheter i kanalen vid scenario 2 med högt flöde. Pilarna visar flödesriktning

Medelomsättningstiden i kanalen längs de två vägarna vattnet kan ta (inflöde vid västra öppningen och utflödet genom öppning mitt eller inflöde genom den västra öppningen och utflöde genom den östra öppningen) redovisas i Tabell 5. Det visas att medelomsättningstiden är betydligt lägre än medelomsättningstiden vid scenario 1 och även vid lågt flöde med maximalt 7 timmar kortare än de 24 timmar som är målsättningen.

Tabell 5 Medelomsättningstid i kanalen vid scenario 2

	Medelomsättningstid längs kanal-del väst och mellersta kanal	Medelomsättningstid längs kanal-del väst och kanal del öst
MLQ	7.0 tim	6.4 tim
MQ	3.6 tim	3.2 tim
MHQ	2.1 tim	1.8 tim

För att se vilka hastigheter som kommer att bli vanliga, har medelflödet modellerats. Dessa resultat visas i Figur 8. Man kan se att maximala hastigheter är runt 0,05 m/s och att vattnet är nästan stillastående vid badplatsen.



Figur 8 Flödes hastigheter i kanalen vid scenario 2 med medelflöde. Flödesriktning är samma som i Figur 6 och Figur 7

För att validera resultat har lågt flöde också modellerats med lägre Eddy viskositet koefficienter. Dessa resultat visar upp till 25 % lägre hastigheter och upp till 25 % högre medelomsättningstider dvs. vid det sämsta resultatet råder

en maximal omsättningstid på 9 timmar. Detta resultat är mindre sannolikt men även om det kommer att bli korrekt är medelomsättningstiden betydligt kortare än ett dygn.

### 6.3 Scenario 3: Variationer av förändringar

I scenario 3 har modellerats fyra olika geometrier. Varje geometri har bara en förändring av geometrin jämfört med scenario 1. Här visas vilka förändringar som är de viktigaste för att öka flödet genom kanalen. Andelen av ökningen av flödet mellan scenario 1 och scenario 2 för varje förändring visas i Tabell 6. Resultatet visar att förändring av djupet vid kanal-del väst och delar av mellersta kanal är klart den viktigaste förändring. Genom denna förändring flyter mer vatten in i kanalen och för att kanal-del öst har en kant upp från -3 till -2 m och mellersta kanalen har en viss del fortfarande ett djup av -3 m ledas mycket mer vatten in i mellersta kanalen. Även större öppning och vattendelare vid den västra öppningen visar en tydlig ökning av flödet genom kanalen medan vattendelaren vid övergången kanal-del väst till de mellersta och östra kanaldelen bara har mindre påverkan.

Tabell 6 Andel av förbättring av flöde genom kanalen av de olika förändringarna av geometrin

	Procentuell andel av förbättring av flödet vid MLQ
Djupare kanal vid kanal-del väst	ca. 70-75 %
Större öppning vid öppning väst	ca. 10 %
Vattendelare vid öppning väst	ca. 10 %
Vattendelare vid övergång kanal del väst till mellersta och östra kanal del	ca. 5 %

## 7 Slutsats

Resultaten av modelleringen med ny geometrin visar att den nya geometrin säkerställer tillräckligt flöde i kanalen för att få - med maximalt 7 timmar - en medelomsättningstid vilken garanterar att dålig lukt och dålig vattenkvalitet undviks. Samtidigt understigs högsta önskade flödeshastighet med 0,2 knop. Tillräcklig omsättningstid gäller dock inte för badplatsen vilken har nästan stillastående vatten dvs. inget utbyte av vatten och ganska långa omsättningstider (hur långt kan dock inte bestämmas exakt). Bedömningen är att en pump/ flödesreglerare behövs vid badplatsen för att minska omsättningstiden vid badplatsen och garanterar tillräckligt bra vattenkvalitet.

De viktigaste förändringarna av geometrin är en djupare kanal vid kanal-del väst och delar av den mellersta kanalen. Dessutom är det önskvärt med större inlopp (även om geometrin kan anpassas något, se kapitel 7.2) och vattendelare vid öppning väst. Vattendelare vid övergång kanal-del väst till de

mellersta och östra kanaldelarna är inte så viktiga. Möjlighet för förbättring finns också vid placering av ökning av botten vid övergång från kanal-del väst till kanal-del öst (se kapitel 7.2).

För att hålla vattenkvalitet måste man ta hänsyn till sediment. Det finns en risk för ansamling av sediment i kanalen vilket skulle försämra vattenkvalitet vid samma omsättningstid för att organiskt material i sediment bryts ner och konsumerar syre (se PM Peter Jonsson). Detta måste kontrolleras och vid behov måste sediment rensas ut.

Badvattenkvalitet är troligtvis mest beroende av tillflöde av dagvatten. Det finns några utsläppspunkter för dagvatten till kanalen men delar av detta dagvatten ska dock rensas i regnbäddar. Exakt kvalitet på dagvattnet är okänt och badvattenkvaliteten bör undersökas regelbundet. Problemet med dagvatten kan bli att det tillförs bakterier som återfinns i avföring hos djur och fågel. Det största utsläppet sker efter en lång torr period som följas av ett kraftigt regn som når kanalerna. Med hänsyn till omsättningstider skulle detta problem - i fall det uppstår – ske maximalt under några timmar och kan minskas genom bra omsättning vid badplatsen eller undvikas vid badplatsen om vattnet trycks ut från platsen med en pump.

För att det finns okända parametrar och ingen tillgänglig kalibreringsdata, är resultat av modelleringen osäker men storleksordningen av resultaten bör ses som pålitlig. Även i de fall omsättningstider är dubbelt så långa eller flödeshastigheter dubbelt så snabba, visar resultaten tillräckligt bra siffror. I det första fallet är omsättningstiden fortfarande kortare än ett dygn och i andra fallet och flödeshastigheter fortfarande långsammare än 0,5 knop.

Vid byggnad av en ny Hamnbron närmare kanalen vore det bra om det genomförs utredningar av påverkan av placering av bropelarna på flödet i kanalen. Modelleringen visar dock att flödet i nuläget är bra och kan hantera ett visst minskat flöde och troligtvis kommer bropelare närmare öppningen väst av kanalen trycka vatten mer in i kanalen än att bli ett hinder.

Modelleringen har utförts i 2D. WSP bedömer att utökad modellering med en 3D-modell inte tillför någon ytterligare information, bl.a. p.g.a. brist på kalibrerings-/ valideringsdata. Bristen på indata bedöms tillföra en större begränsning än den ytterligare eventuella noggrannhet som en 3D-modell skulle kunna tillföra.

## 7.1 Pump/ Flödesreglerare vid badplatsen

För att få tillräcklig vattenomsättning i badet behövs en pump eller annan typ av flödesreglerare. Badplatsens volym (utan kanalen utanför) är enligt uppgift från Nyéns ca. 125 m<sup>3</sup>. För att få en medelomsättningstid av max. 24 timmar måste flödee från pumpen bli minst 1,5 l/s (125 000 l/(86400 s/dygn)).

Önskvärt är dock en lite bättre omsättning med hänsyn till de olika delar av badplatsen som kommer att ha en sämre omsättningstid än



medelomsättningstid och att pumpen kanske inte behöver vara i drift dygnet runt.

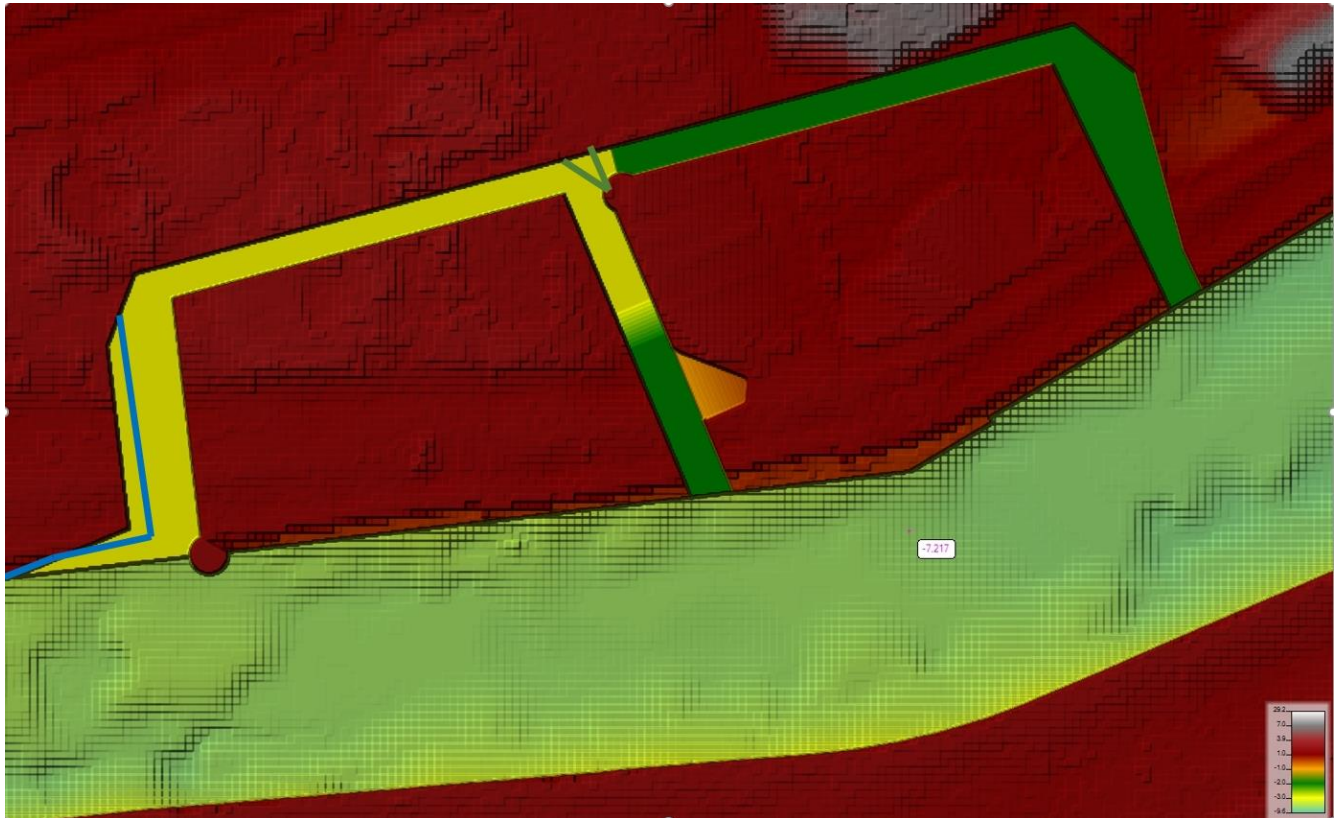
Därför förespråka WSP en pump med en kapacitet på 10 l/s eller 20 l/s som pumpar vattnet 10 timmar per dygn.

Det finns två möjligheter hur vattnet kan pumpas. Antingen tar pumpen vatten från Motala Ström och trycker ut vatten från badplatsen genom mellersta kanalen eller suger pumpen ut vatten från badet och åstadkommer inflödet från mellersta kanalen och släpper vattnet till Motala Ström. Första möjligheten ger en bättre badvattenkvalitet medan andra möjligheten kan placeras mindre synlig.

Placeringen av den första möjligheten är bäst vid södra sidan av badplatsen med pumpriktning till öster och placering för den andra möjligheten är bäst så långt inne i badplatsen (så östlig som möjligt) som möjligt

## 7.2 Rekommendationer

- Förändring av geometrin enligt WSPs förslag är absolut nödvändig men kan göras med vissa justeringar:
  - Ny djup vid kanal del väst och delar av mellersta kanal är väsentlig.
  - Vattendelare vid öppning väst skulle inkluderas.
  - Större inlopp vid öppning väst skulle inkluderas men kan ha en liten annan utformning som visas med blå linjer i Figur 9
  - Höjning av bottenhöjd från kanal-del väst till kanal del öst skulle flyttas lite till väster för att bli i en linje med kanalkanten av mellersta kanalen eller har även från hörnet mellan kanal del öst och mellersta kanal en 45 grad vinkel för att leda mer vatten till mellersta kanalen (ser de två gröna linjen i Figur 9)
  - Vattendelare vid övergång kanal del väst till mellersta och östra kanaldel behövs inte.
- Pump/ Flödesreglerare vid badplatsen enligt kapitel 7.1
- Utredning av påverkan av bropelare av nya Hamnbron på flödet i kanalen.



Figur 9 Möjliga justeringar av förändringar av geometrin

## 8 Referens

- Ritningar Hamnbron
- PM hydraulik 1
- PM – Förutsättningar för vattenkvalitet - Peter Jonsson, WSP, 2016-12-08