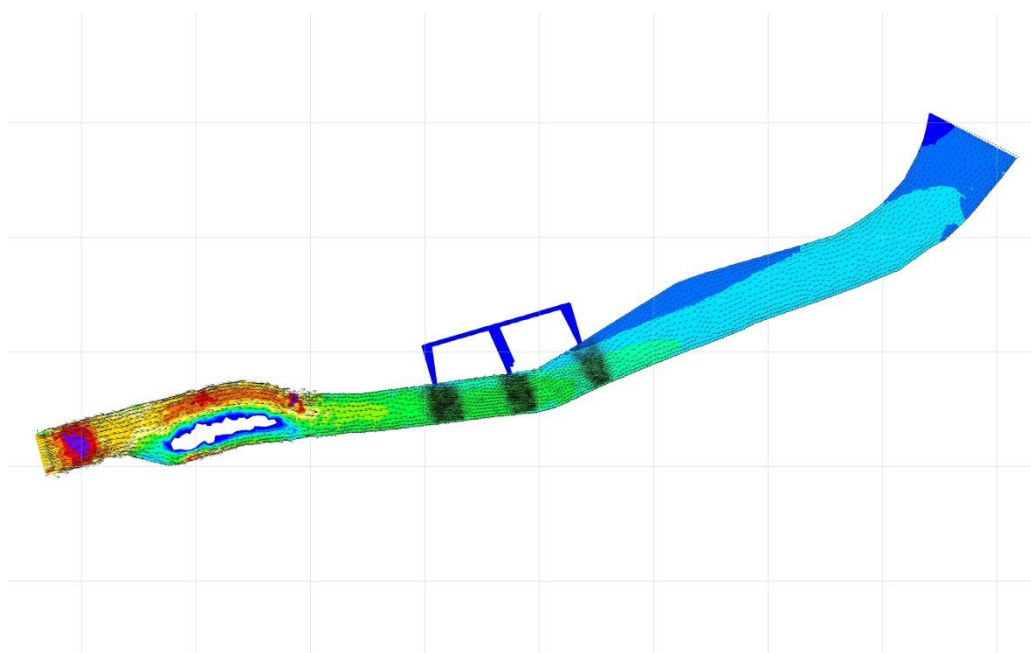


PM

Simulering av flödeshastigheter i kanalen i Inre hamnen



\\user01\nor1\se\projects\5465\10230218 - Flödesberäkningar - Inre Hamnen\3_Dokument\36_PM_Rapport\Inre_hamn_modelivering_MG_AA.docx

Norrköping 2016-04-04

WSP Sverige AB

Michael Graspentner och Karin Dyrestam

Granskad av: Anna Åkesson

WSP Sverige AB

601 86 Norrköping
Besök: Södra Grytsgatan 7
Tel: +46 10 7225000
Fax: +46 10 7226476
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Läge och nuvarande förhållande

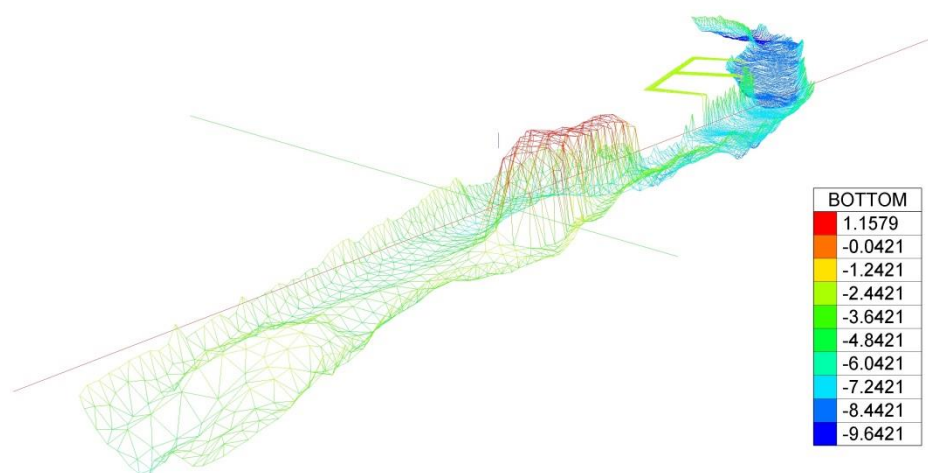
Norrköpings kommun vill bygga ett nytt bostadsområde norr om Motala ström strax nedströms av Hamnbron. Området är ett f.d. industriområde och det finns föroreningar i mark som behöver avlägsnas. Norrköpings kommun planeras nu att bygga en kanal här för öka livskvaliteten genom att möjliggöra bostadsnära rekreativsmöjligheter såsom simning och paddling. Kanalens vatten kommer från 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 för låg, med risk för illaluktande biologisk tillväxt. För att grovt undersöka att planerad form av kanalen är möjlig, har WSP byggt upp en grundläggande hydraulisk 2D-modell med hjälp av modelleringsverktyget TELEMAC-2D.

Beräkningsförutsättningar

En terrängmodell (topografisk modell) har konstruerats med hjälp av laserdata för området tillsammans med ekolodningsdata från Motala ström. Flödena kommer från SMHIs vattenwebb och information om friktionskoefficienter längs Motala ström och kanalens sidor har uppskattats utifrån hydraulisk referenslitteratur (Chow et. al.1986, Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln 2012).

Den nya kanalen antas vara i betong och kanalkonstruktionen antas ha vertikala väggar och platt botten.

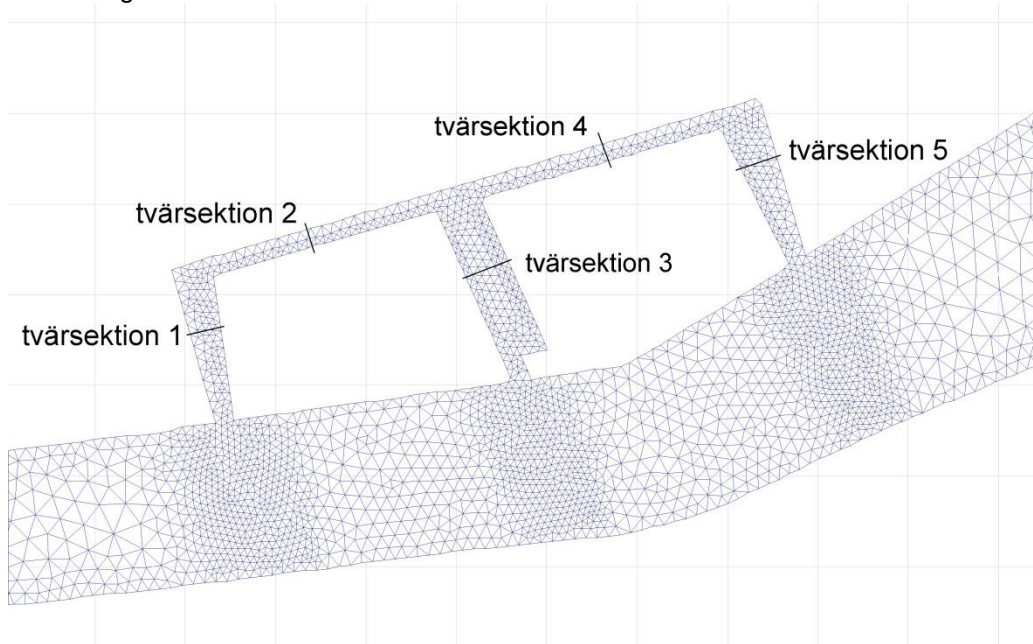
- Laserdata (NNH-data) (Norrköpings kommun)
- Ekolodning av Motala ström (Iterio)
- Flöde från SMHIs website Vattenwebb (SMHI)
- Havsvattenstånd i Bråviken från SMHIs website OceanWeb (Mätstation Mårviken)
- Information om bottenmaterial (muntlig från Magnus Widfeldt, WSP och rapport från en geoteknisk undersökning på Strömsholmen, WSP 2008)



Figur 1: Motala ströms geometri inklusive planerad kanal i 3D-view. Längs strömmen och kanalen är det vertikala väggar på sidorna i modellen (som ej syns i bilden). Det röda området som kan ses är Strömsholmen, och bortanför den syns det planerade kanalsystemet i grönt.

Beräkningar

Beräkningar har gjorts i programmet TELEMAC-2D, ett open-source program som utvecklats av EDF i Frankrike, BAW i Tyskland, m. fl. Modellen används ofta för tillämpningar rörande hydraulisk påverkan av olika konstruktioner, såsom broar, vågbrytare och hamnplanering, liksom för att göra beräkningar av högflödesnivåer i vattendrag.



Figur 2: bild över delar av det modellerade området inklusive beräknings-noder och -celler och tvärsnitt på vilken placering resultater har tagits ut.

Scenarier

En känslighetsanalys har gjorts för att undersöka effekter av olika kombinationer av flöden nivåer för nedströmsvattenstånd. Flödena i Motala Ström är baserade på information från SMHIs Vattenwebb. Även de havsvattenstånd som utgör modellens nedre randvillkor (förhållandena i modellens nedströmsände), har varierats. Detta eftersom de dämpande effekterna av fluktuerande havsnivåer måste tas hänsyn till. Medelvattenståndet i Bråviken (MW) har varit utgångspunkten och sedan har ett något högre (+ 18 cm) vattenstånd valts och ett något lägre (-12 cm), vilka båda utgör ganska normala nivåer. De vattenstånd som används som nedströmsrandvillkor (i modelluppsättningens östra ände) antas överensstämma med nivåerna i Bråviken.

De tre scenarier som simulerats listas nedan, i punktlista samt i Tabell 1:

- **Scenario 1:** Medelflöde (MQ) i Motala Ström och medelvattenstånd (MW) i Bråviken
- **Scenario 2:** Högflöde som ungefär motsvarar MHQ* och ett vattenstånd lägre än medelvattenståndet i Bråviken
- **Scenario 3:** Lågflöde som ungefär motsvarar MLQ** och ett vattenstånd högre än medelvattenståndet i Bråviken

* medelvärdet av varje års högsta dygnsvattenföring

** medelvärdet av varje års lägsta dygnsvattenföring

Tabell 1: Flöden och Havsvattenstånd i olika scenarier.

Scenario	Flöde (m ³ /s)	Havsvattenstånd (m)
1	MQ = 99,5	0,12
2	Q = 200	0,00
3	Q = 50	0,30

Modellosäkerhet

Eftersom kanalen inte finns idag är det omöjligt att göra en verklig kalibrering för hur väl modellen representerar de verkliga förhållandena. Råheten (friktionskoefficienterna) längs kanalens och strömmens botten och sidor har uppskattats utan en riktig kalibrering och nedströms randvillkor (vattenstånd) kan ha underskattats för att modellen går inte hela vägen till Bråviken det vill säga att vattenstånd på nedströms randvillkor kunde bli några centimeter högre.

På grund av ovan nämnda orsaker bör modellresultaten ses som en fingervisning av förväntad storleksordning av hastigheter i kanalen, snarare än en absolut sanning.

Resultat

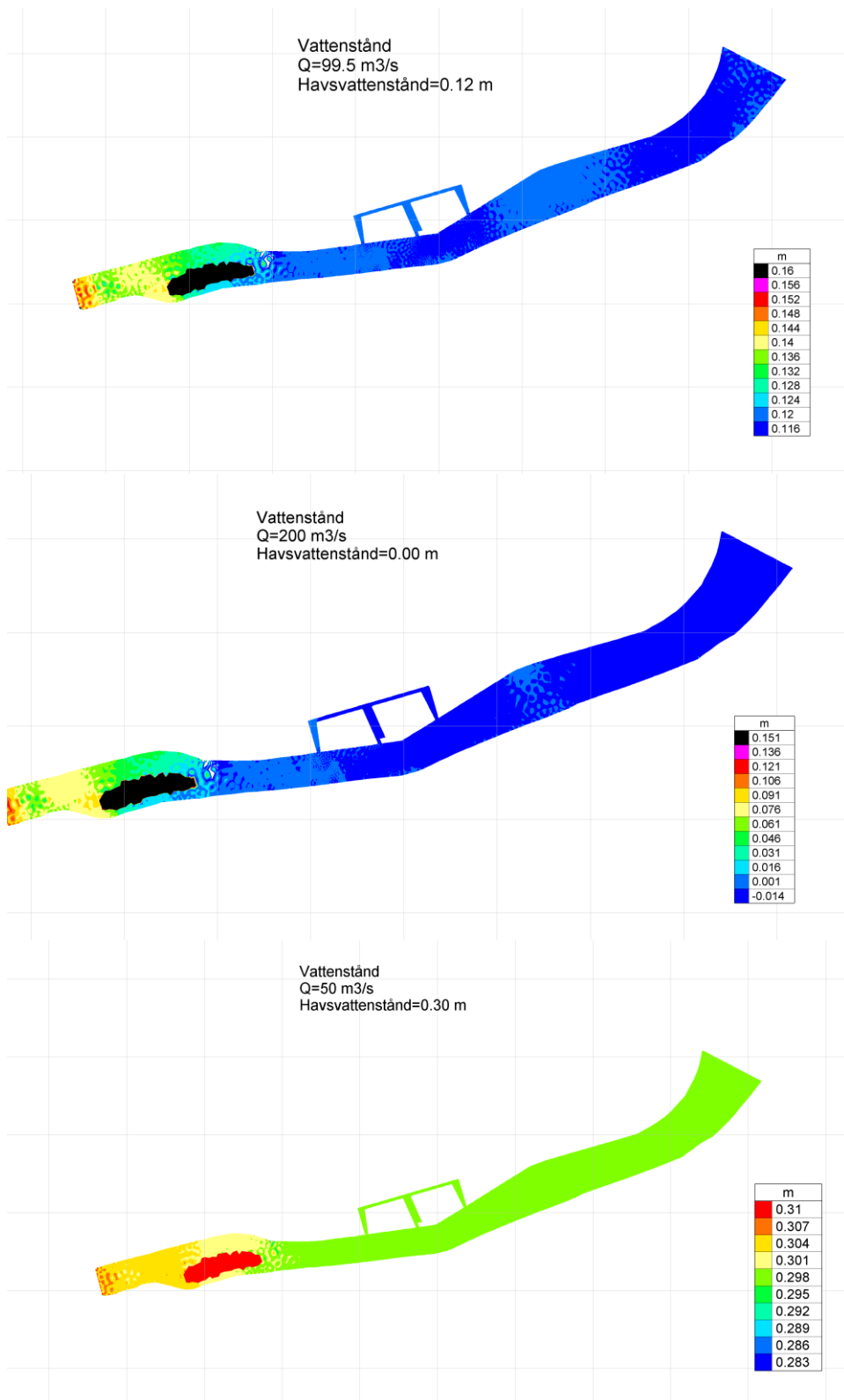
Nedan följer en presentation, i mesta hand grafiskt över de modellerade resultaten, vilka främst omfattar vattenstånd respektive flödes hastigheter för de tre olika modellerade scenarierna. Observera att skalorna inte är desamma för de olika scenarierna, men generellt gäller att blå färg visar lägre vattenstånd eller hastigheter, medan röd/rosa/svart färg visar högre vattenstånd eller hastigheter.

Vattennivåer

Figur 3 visar vattenståndet i hela det modellerade området, d.v.s. kanalen och Motala ström för scenarierna 1-3 Det nedströmsrandvillkor som ansatts antas råda i nedströmsändan av Motala Ström, d.v.s. i högerkant av bilderna. Observera att skalorna inte är desamma för de olika figurerna.

För samtliga scenarier ses att vattenstånden i det nya kanalsystemet endast marginellt skiljer sig från vattenståndet som utgör nedströmsrandvillkoret – d.v.s., vattenståndet i Bråviken kommer att inverka kraftigt på vattenstånden i den nya kanalen. För varje scenario är variationerna inom området för kanalen i storleksordningen av någon/några millimeter.

Analys av vattenstånden för de fem olika tvärsektionerna (se figur 1) påvisar vattennivåskillnader på endast någon millimeter inom varje scenario. Dock skiljer sig vattenstånden åt emellan scenarierna, där kanalens vattenstånd i princip inte alls skiljer sig åt från vattenstånden i Bråviken.



Figur 3: Vattenståndet i hela det modellerade området för scenarierna 1 (överst) till 3 (nederst). Observera att skalorna inte är desamma för de olika scenarierna.

Flödes hastigheter

Även flödes hastigheterna har bestämts för de olika scenarierna. Hastigheterna skiljer sig åt såväl mellan scenarier, som mellan de olika tvärsektionerna (se figur 1).

Hastigheterna vid de olika tvärsektionerna presenteras nedan i Tabell 2.

Tabell 2: Hastighet vid de olika tvärsektionerna (se figur 2) för de olika scenarierna. 0.00 m/s betyder att hastigheter är större än 0 m/s men under 0,005 m/s

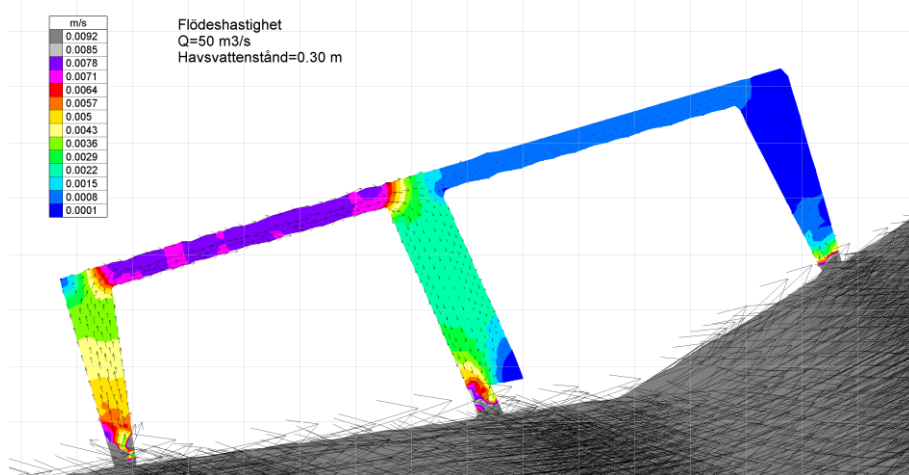
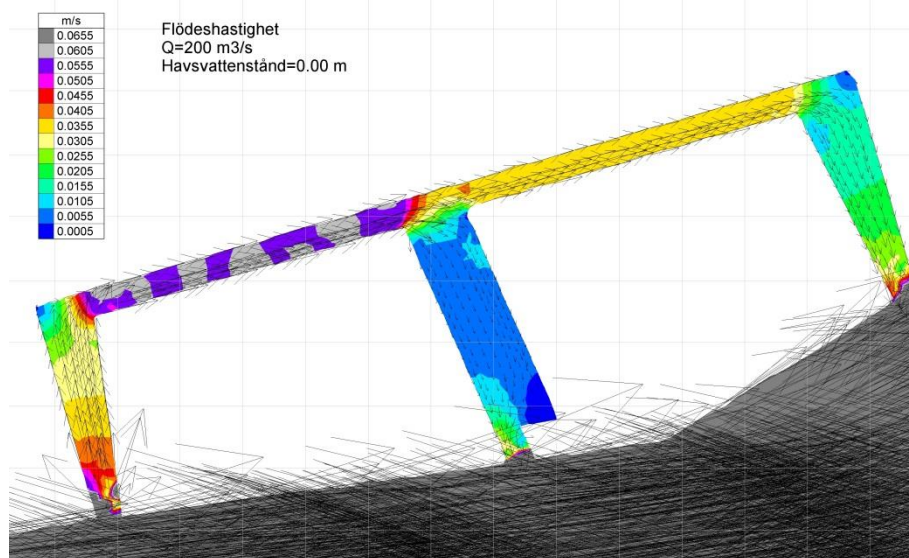
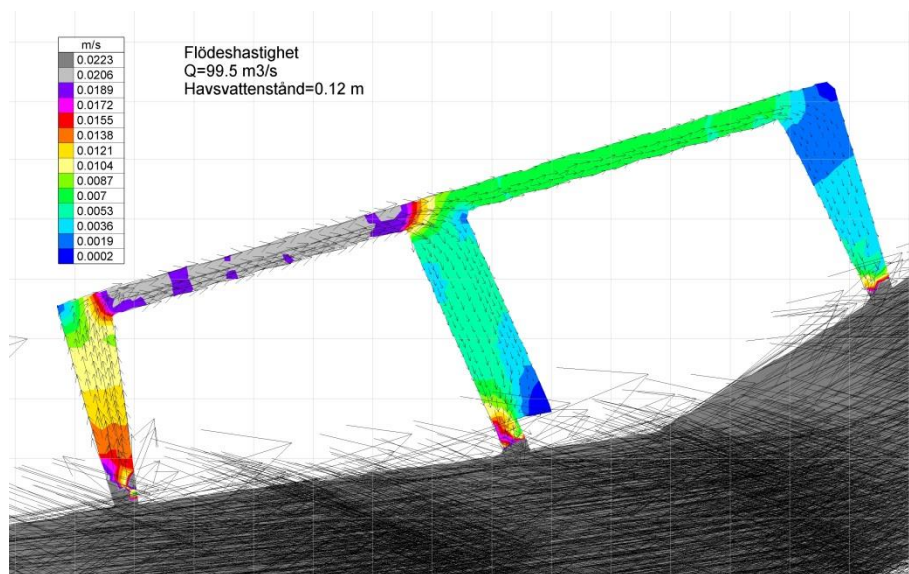
Scenario	Hastighet (m/s)				
	Tvärsektion 1	Tvärsektion 2	Tvärsektion 3	Tvärsektion 4	Tvärsektion 5
1	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
2	0.04	0.06	0.01	0.04	0.02
3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

Även om skillnaderna är små så kan några generella mönster skönjas. De högsta hastigheterna finns genomgående vid tvärsektion 2, medan de lägsta hastigheterna generellt verkar uppstå vid tvärsektionerna 3 och 5. Detta är på grund av skillnad i bredd av kanalen. Om kanalen är breddare tvärsnittet är större på samma flöde och hastigheten sjunker

Vi finner också att hastigheterna är väldigt låga för scenario 3, då flödet är relativt lågt och Bråvikens vattenstång är högt.

Även motsatsen är tydlig – att hastigheterna blir som högst då flödet är högt och nedströmsvattenståndet är lågt.

Flödes hastigheterna för hela kanalen av modelluppsättningens omfattning kan ses i figur 4.

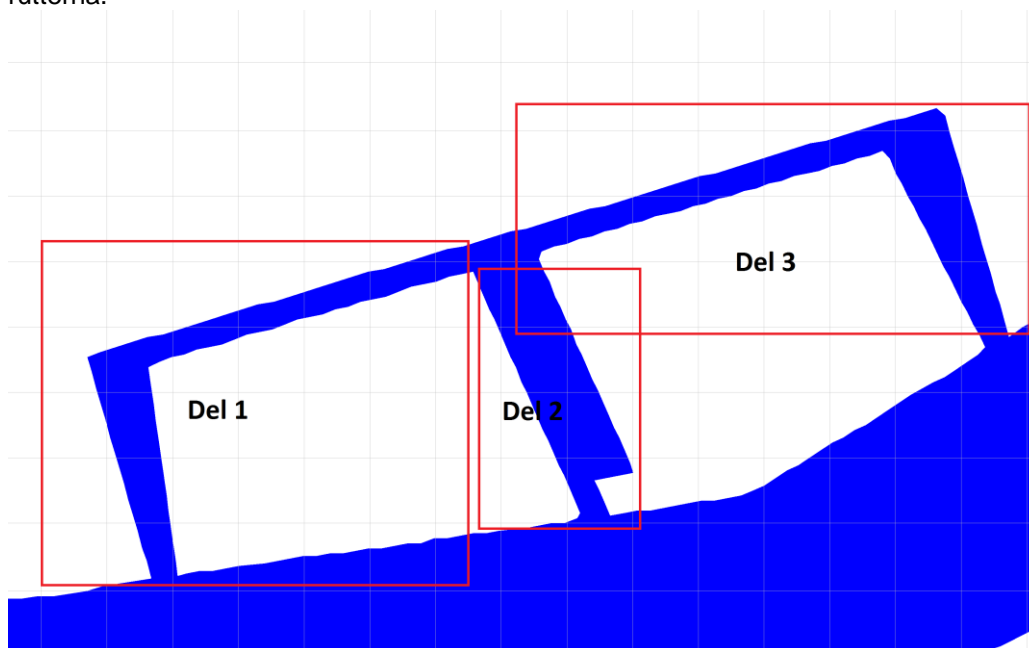


\user01\nor1\se\projects\5465\10230218 - Flödesberäkningar\Inre Hamnen3_Dokument\36_PM_Rapport\Inre_hamn_modellering_MG_AA.docx

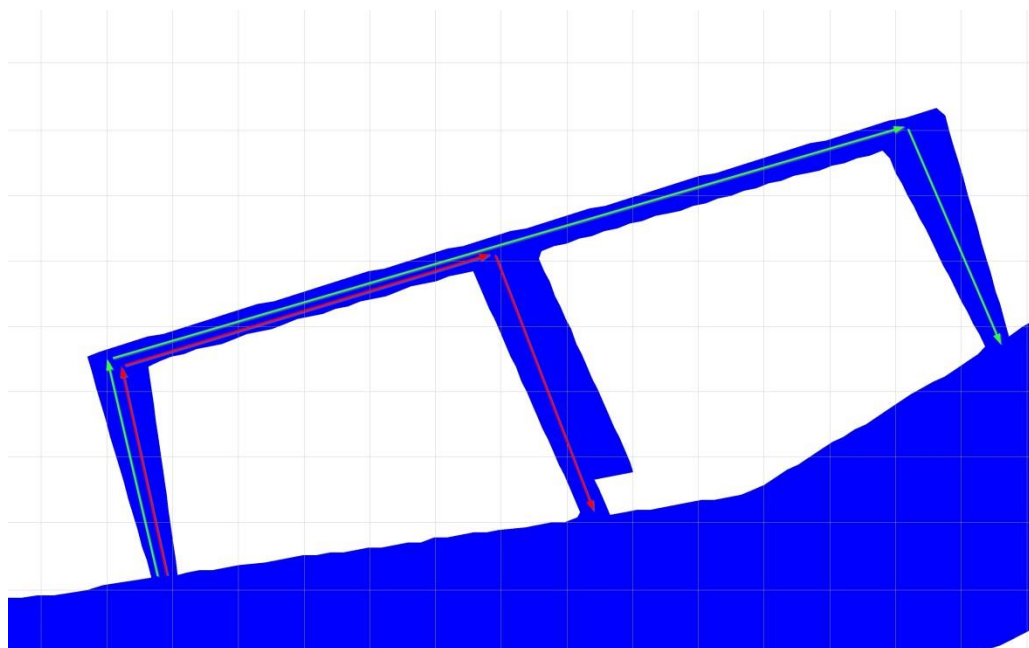
Figur 4: Flödes hastigheten i kanalen av hela det modellerade området för scenarierna 1 (överst) till 3 (nederst). Observera att skalorna inte är desamma för de olika scenarierna.

Skillnad mellan olika rinnvägar – omsättningstid och flöde

Omsättningstiden beräknas ur sambandet mellan flöde och volym i aktuell del av systemet. För detta syfte har kanalen har delats in i tre delar, se figur 5. Omsättningstiderna för respektive del presenteras i Tabell 3, tillsammans med information om hur stort flöde som rinner genom varje del vid respektive scenario. I Figur 6 visas en principskiss för hur vattnet flödar genom systemet längs de två rutterna.



Figur 5: Indelning av kanalsystemet i tre enheter, för beräkning av omsättningstid.



Figur 6: Schematisk bild av kanalsystemet, där typiska rinnvägar ritats in – röd linje ger ruttan mellan inflöde och det första (mest uppströms) utloppet, medan den gröna linjen ger rinnvägen från inloppet till det nedersta utloppet.

Tabell 3: Flödesfördelning och omsättningstid längs de respektive rinnvägarna för de olika scenarierna

Scenario	Flöde (m ³ /s)			Omsättningstid (h)	
	Inflöde (röd + grön)	Väg 1	Väg 2	Väg 1	Väg 2
1	0,17	0,14 (65%)	0,04 (35%)	7	13
2	1,13	0,43 (38%)	0,71 (62%)	3,5	3
3	0,41	0,27 (65%)	0,14 (35%)	16	65

Diskussion av resultat

Resultaten visar mycket små skillnader i vattenhöjd mellan de olika tvärsektionerna i kanalen, som mest en knapp mm.

Den generella slutsatsen är att flödet i kanalen i primärt påverkas av vattenståndet i Motala Ström, medan storleken på flödet i Motala Ström har en relativt sett mindre påverkan.

Den utförda modelleringen är otillräcklig för att kunna avgöra hur mycket en förändrad utformning av inloppet påverkar kanalens flöden.

Omsättningstid

Omsättningstiden visas att vid ett medelflöde och medelhavsvattenstånd så kan kanalens vattenvolymer teoretiskt sett bytas ut 2-3 gånger per dag (det varierar mellan kanalens olika delar). Om flöde är lågt och havsvattenytan stiger ökas omsättningstiden i den tredje delen (se Figur 5) av kanalen relativt mycket, då det primära utflödet kommer att vara utlopp 1 (mest uppströms) vid dessa hydrauliska förhållanden.