

Exploateringsförvaltningen



Göteborgs  
Stad

# Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars kaj PM Hydrologi

Juni 2025



[www.goteborg.se](http://www.goteborg.se)

Titel: Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars kaj, PM Hydrologi

Dnr: EXF-2023-01034

Exploateringsförvaltningen, Göteborgs stad, 031-365 00 00

Organisationsnummer: 212000-1355

[www.goteborg.se/exploateringsforvaltningen](http://www.goteborg.se/exploateringsforvaltningen)

[exploatering@exploatering.goteborg.se](mailto:exploatering@exploatering.goteborg.se)

Status på dokumentet: 2025-06-18

Ansvariga tjänstemän: Johanna Lennmalm, Exploateringsförvaltningen

Framsidesbild: Copyright Göteborgs Stad

Konsultbolag som anlitas av Exploateringsförvaltningen: Sweco

Uppdragsnummer Sweco: 30054710

Uppdragsansvarig: Javad Homayoun

Författare: Gustav Edlund

# FÖRORD

---

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars kaj planeras i syfte att stärka det hållbara resandet och koppla samman staden över älven genom att etablera en ny fast förbindelse över Göta älv.

Gång- och cykelbron i aktuellt läge mellan Hugo Hammars kaj och Packhusplatsen, finns redovisad i översiktsplanen, som en framtida broförbindelse, samt är prioriterad i kommunfullmäktiges budget från år 2023.

Bron är en väsentlig del i uppfyllandet av målen i översiktsplanen om en nära, sammanhållen och robust stad. En stor del av Göteborgs pågående stadsutveckling sker centralt utmed Göta älv vilket förväntas medföra en resandeökning, jämfört med idag då 400 000 resenärer korsar Göta älv varje dygn.

För att minska den stora barriärverkan som älven har idag och möjliggöra en sammanhängande stadskärna kring älvrummet är fler förbindelser prioriterade och nödvändiga. Dessa förbindelser kan samtidigt öka tillgängligheten till älvrummet, så att göteborgarna lättare kan gå och cykla samt möta vattnet.

Arbete pågår nu inom Göteborgs Stad med framtagande av en detaljplan, en genomförandestudie (GFS), en miljödomsönsökan samt en designprocess för gång- och cykelbron.

Under år 2022 upphandlade Göteborgs Stads Exploateringsförvaltning konsulten Sweco för framtagande av utredningar och underlag som ska ligga till grund för ovan nämnda handlingar inför kommande beslut om byggnation av gång- och cykelbron.

# SAMMANFATTNING

Detta PM behandlar havsvattenstånd och flöden i Göta älv och syftar till att ta fram karaktäristiska havsvattenstånd och flöden vid gång- och cykelbroläget. Jämförelser mot tidigare underlag som togs fram inför byggandet av Hisingsbron (SMHI, 2011a) (SMHI, 2011b) utförs även. PM:et innefattar även enklare beräkningar av den dämning som tilltänkt bro kan medverka till i älven samt en översiktlig bedömning av sedimentspridning/grumling i anslutning till anläggningsarbetet.

Vattenståndet vid gång- och cykelbron är generellt högre än vid Torshamnen. Vattenytans lutning uppströms Göta älv och vinduppstuvningseffekter vid händelser av högvatten har beaktats och är inkluderade i karaktäristiska havsvattenstånd enligt tabell nedan. Uppdaterat underlag har dessutom beaktat längre tidsserier av observerade havsvattenstånd och anses utgöra ett bättre statistiskt underlag än det som tidigare tagits fram.

Karaktäristiskt havsvattenstånd	Nivå (RH2000) år 2022 vid gång- och cykelbro
<b>HHW</b>	+1,82
<b>MHW</b>	+1,19
<b>MW</b>	+0,02
<b>MLW</b>	-0,59
<b>LLW</b>	-1,09

Karaktäristiska flöden vid gång- och cykelbron sammanfattas i tabell nedan. Underlaget utgörs av en kombination av tidigare underlag (SMHI, 2011b) och modellerade värden av total stationskorrigerad vattenföring från SMHI:s hydrologiska avrinningsområdesmodell S-HYPE. Karaktäristiskt värde HHQ inte är kopplat till någon återkomsttid men anses vara relevant vid dimensionering\*.

Karaktäristiskt flöde [m <sup>3</sup> /s]	Källa
<b>HHQ</b>	450* (SMHI, 2011b)*
<b>HQ50</b>	389 S-HYPE
<b>MHQ</b>	316 S-HYPE
<b>MQ</b>	213 S-HYPE
<b>MLQ</b>	89 S-HYPE
<b>LQ50</b>	65 (SMHI, 2011b)

Den minskning av tvärsnittsarean vid broläget som gång- och cykelbron kan tänkas medföra utgör en obetydlig dämning av flödet i Göta älv, även i ett framtida scenario med grundare ramfritt djup i farleden.

Avståndet från broläget är långt till opåverkade bottenförhållanden med högre naturvärden. Sedimentspridande aktiviteter, så som propellererosion från fartyg och underhållsmuddring av Göteborgs hamn, förekommer regelbundet i området. Förutsatt att anläggningsarbetets grumling begränsas genom skyddande åtgärder, så som exempelvis spontning, bedöms risken för negativ grumlingspåverkan som mycket liten.

## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>7</b>
1.1 Syfte och avgränsning .....	7
<b>2 KARAKTERISTISKA HAVSVATTENSTÅND</b> .....	<b>9</b>
2.1 Medelvattenytans lutning uppströms Göta älv .....	9
2.2 Metod vinduppstuvning vid högvatten .....	10
2.3 Beaktande av "Extremvattenstånd i Göteborg" (SMHI, 2018).....	11
2.4 Resultat havsvattenstånd.....	12
2.5 Sammanfattning havsvattenstånd.....	13
<b>3 KARAKTERISTISKA FLÖDEN</b> .....	<b>14</b>
3.1 Metod.....	14
3.2 Resultat flöden .....	14
3.3 Sammanfattning flöden .....	15
<b>4 DÄMNING</b> .....	<b>16</b>
4.1 Överslagsberäkning dämmande effekt .....	16
4.2 Sammanfattning dämning .....	17
<b>5 SEDIMENTSPRIDNING</b> .....	<b>19</b>
5.1 Sedimentationsförhållanden .....	19
5.2 Sedimentspridande aktiviteter i området.....	20
5.3 Bedömning sedimentspridning under anläggningsarbetet .....	20
<b>Referenser</b> .....	<b>21</b>

Bilaga 1 – Vattenteknisk utredning Hisingsbron 2011

Bilaga 2 – Modellering av dämmande effekt från tillståndsansökan 2007

Bilaga 3 – Dataunderlag beräkning av karaktäristiska havsvattenstånd

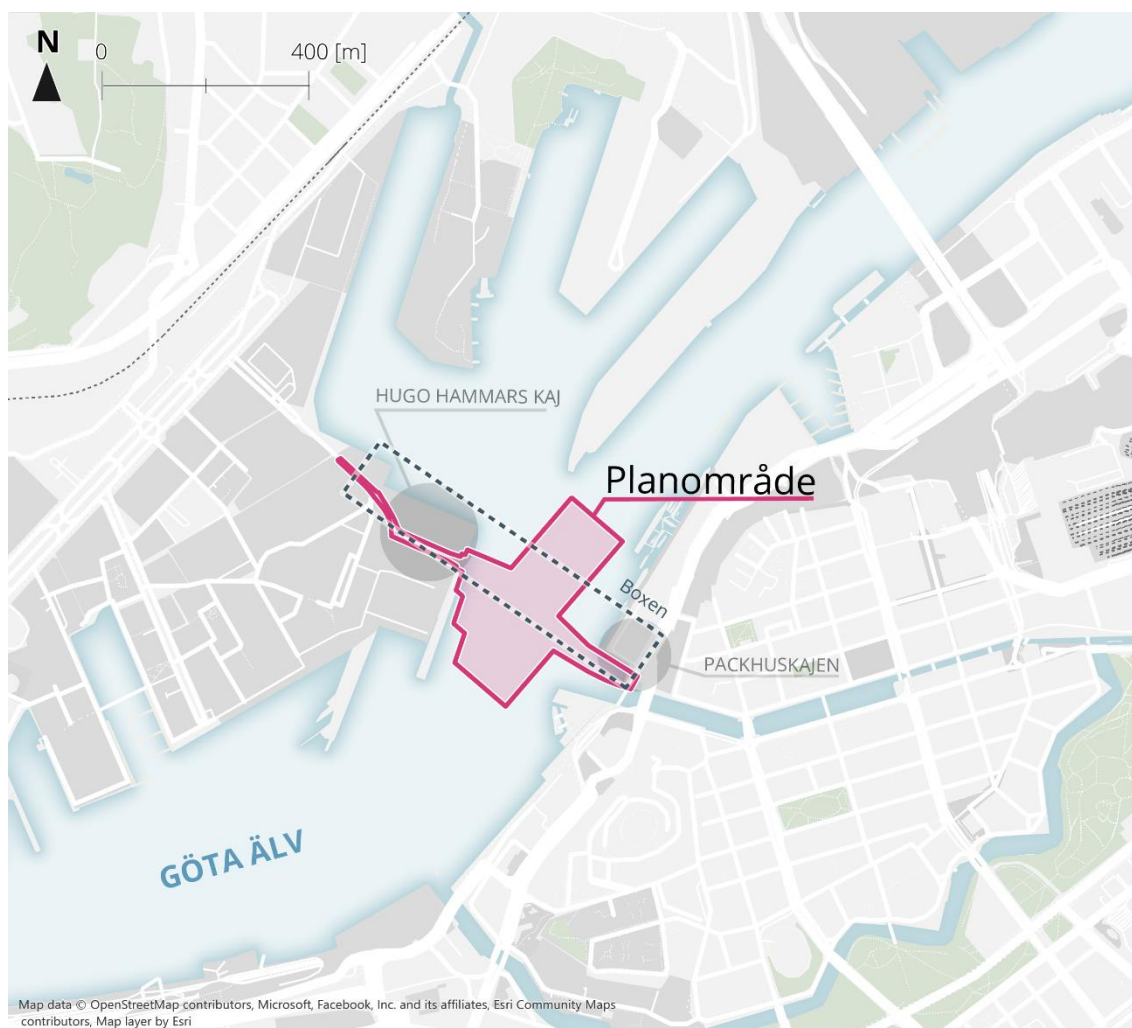
Bilaga 4 – Extremvattenstånd i Göteborg

# 1 INLEDNING

## 1.1 Syfte och avgränsning

Arbetet med den planerade gång- och cykelbron omfattar utredningar som utgör underlag till en genomförandestudie, miljödomsansökan samt *Detaljplan för gång- och cykelbro över Göta Älv inom stadsdelarna Nordstaden, Tingstadsvassen och Lundbyvassen.*

Göteborgs Stads kommunfullmäktige beslutade 2021, i enlighet med Trafiknämndens förslag från 2021, att utreda en gång- och cykelbro mellan Packhuskajen och Hugo Hammars kaj. I beslutet pekades ett geografiskt område ut för möjlig placering av bron. Göteborgs Stads översiktsplan från 2022 visar på en framtida gång- och cykelbro inom samma geografiska område. Området redovisas i Figur 1 och benämns inom projektet för boxen. I samma figur redovisas även det föreslagna planområdet för gång- och cykelbron. Den planerade gång- och cykelbron är cirka 400 meter lång och cirka 10 meter bred. Projektet omfattar också gång- och cykelväg mellan bron och anslutande gång- och cykelvägnät vid Pumpgatan på Norra Älvstranden. På Södra Älvstranden ingår gång- och cykelväg fram till anslutning söderut vid Stora Bommens bro respektive norrut längs Operagatan.



Figur 1. Kartbild över detaljplanområde (röd linje) samt det geografiska området benämnt boxen (streckad linje).

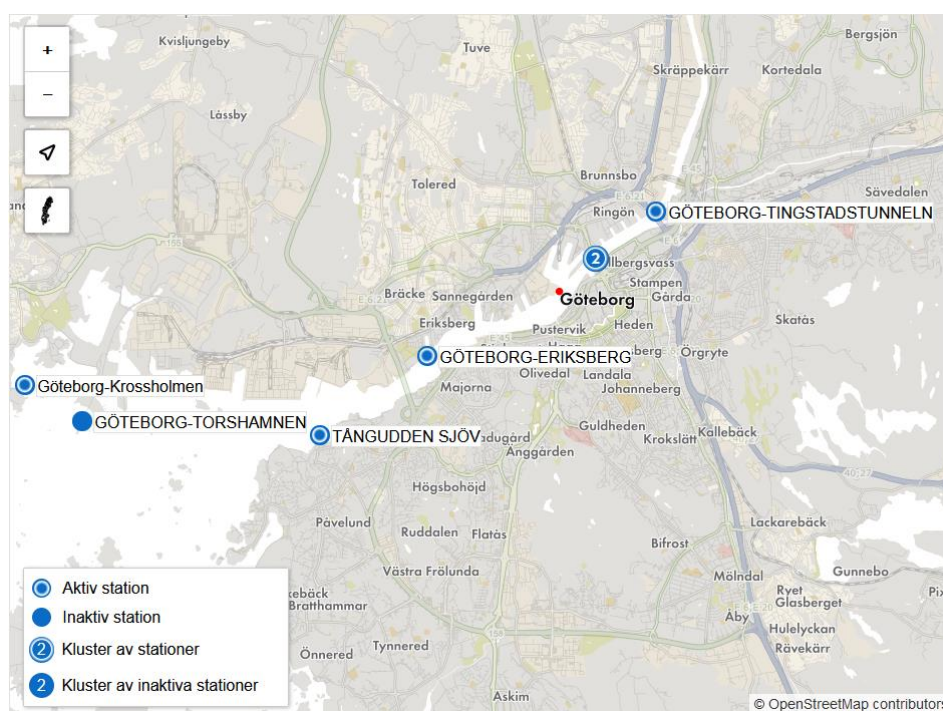
Detta PM syftar till att ta fram karaktäristiska havsvattenstånd och flöden vid gång- och cykelbroläget och jämföra dem mot ett tidigare underlag som togs fram inför byggandet av Hisingsbron. Utredningen genomfördes då av SMHI och färdigställdes 2011 (SMHI, 2011a) (SMHI, 2011b), se Bilaga 1.

Vad gäller havsvattenstånd baserades den tidigare analysen på ett antal observationsserier, men huvudsakligen på tim- och minutvärden från Torshamnen perioden 1968-2010 (42 år). SMHI:s analys tog inte hänsyn till vinduppstuvningseffekter eller vattenytans lutning mellan Torshamnen och Hisingsbron vilket i stället behandlades av Göteborgs Stad (Trafikkontoret) genom en justering av nivåerna utifrån egen erfarenhet och praxis. Motsvarande tillgänglig mätserie är idag 13 år längre (totalt 55 år) och därtill finns minutvärden uppströms vid Tingstadstunneln (2013-2022) att inkludera i analysen. Eftersom dataunderlaget förbättrats avsevärt har en ny analys av karaktäristiska havsvattenstånd genomförts av Sweco. Därtill hör nya skattningar av uppstuvningseffekter för att jämföra mot Trafikkontorets tidigare justering av nivåerna. Den vattentekniska utredningen för Hisingsbron har även belyst karaktäristiska flöden i Göta älv. De statistiska beräkningarna avseende flöde bygger på en serie av vattenföringsdata från SMHI:s stationsnät i Göta älv under perioden 1938-2008 (70 år). Författarna poängterar att dessa värden relaterar till förhållandena innan Vänerns tappningsstrategi ändrades år 2008 (SMHI, 2011b). År 2022 beslutades om en ny tappningsstrategi från Väneren, vilken dock omfattas av samma vattendom och maximala tappning som tidigare tappningsstrategi.

Utöver det hydrologiska underlaget omfattar detta PM även enklare beräkningar av den dämning som tilltänkt gång- och cykelbro kan medverka till i älven samt en översiktlig bedömning av sedimentspridning/grumling i anslutning till anläggningsarbetet.

## 2 KARAKTERISTISKA HAVSVATTENSTÅND

Den till planerad gång- och cykelbro närmast belägna mätstation av havsvattenstånd av längre mätperiod ligger vid Torshamnen väster om Älvsborgsbron, se Figur 2 nedan. Denna mätserie har pågått sedan 1967 och utgör ett lämpligt dataunderlag för de statistiska värden som eftersöks. Broläget är dock placerat relativt långt österut (uppströms i Göta Älv) i förhållande till mätstationen vid Torshamnen och vinduppstuvningen uppströms älven vid höga havsvattenstånd samt vattenytans lutning har därför analyserats för att erhålla representativa havsvattenstånd vid broläget. Trafikkontorets tidigare justering av nivåerna, framtagna av SMHI (SMHI, 2011a), motsvarar ett påslag om totalt +11 cm för MW, MHW och HHW samt +3 cm för MLW och LLW<sup>1</sup>, se Bilaga 1. De mätserier som utgör underlaget för analysen är bifogade i Bilaga 3.



Figur 2. Karta från smhi.se över havsvattenståndsmätare kring Göteborg. Gång- och cykelbrons ungefärliga position markerad i rött.

### 2.1 Medelvattenytans lutning uppströms Göta älv

Tingstadstunneln är belägen cirka 2 km nordost om gång- och cykelbroläget och medelvattenytans lutning uppströms innebär en medelnivåskillnad om cirka +5 cm här jämfört med Torshamnen. Vattenytan ligger i medeltal drygt +1 cm högre vid Tingstadstunneln än vid Hisingsbron. Gång- och cykelbron är belägen cirka 1 km ytterligare sydväst om Tingstadstunneln mellan Älvsborgsbron och Hisingsbron. För denna sträcka av älven har SMHI bedömt medelvattenytans lutning till +0 cm jämfört mot Torshamnen (SMHI, 2018) vilken också motsvarar den generella hållning Göteborgs Stad använder för uppskattning av havsvattenstånd relaterade till ”Centrala staden”. I linje med

<sup>1</sup> HHW = högsta högvatten, MHW = medelhögvatten, MW = medelvatten, MLW = medellågvatten, LLW = lägsta lågvatten.

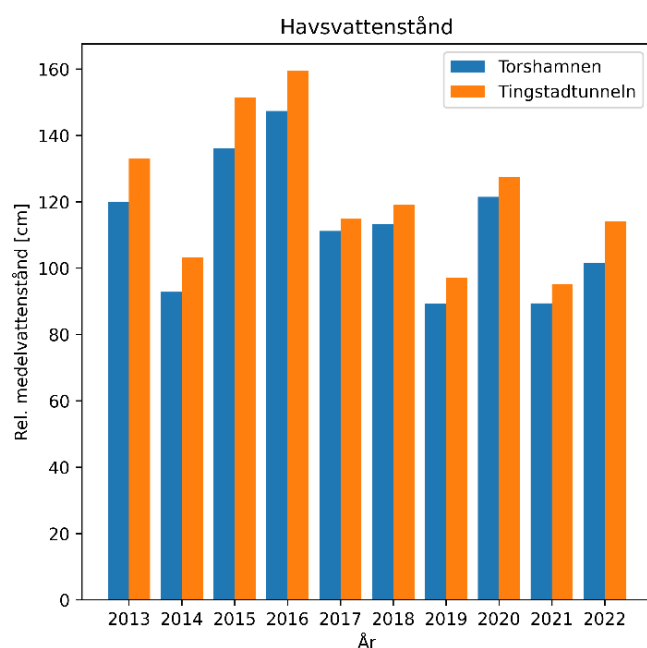
Göteborgs Stads generella hållning har ett påslag om +0 cm för medelvattenytans lutning använts inom detta projekt.

## 2.2 Metod vinduppstuvning vid högvatten

Definitionen av ”årshögsta/årslägst notering” innebär det högsta/lägsta noterade havsvattenståndet under perioden 1a juli till 30e juni nästkommande år, ett så kallat brutet år. Detta eftersom årlig max/min-notering oftast inträffar under vinterhalvåret och därav riskerar att tillfalla två olika kalenderår om den inträffar precis vid kalenderårsskiftet.

För att estimerar effekten av vinduppstuvning vid högvatten jämförs korrelationen mellan årshögsta noteringar vid Torshammen mot motsvarande händelser för en kortare mätserie (2013-2022) vid Tingstadstunneln (se Figur 3). Eftersom en årshögsta notering inte uppnås exakt samtidigt vid de två stationerna används det högsta värdet inom samma 12 timmars period. Detta säkerställer att det är samma högvattenhändelse som jämförs vid båda stationer.

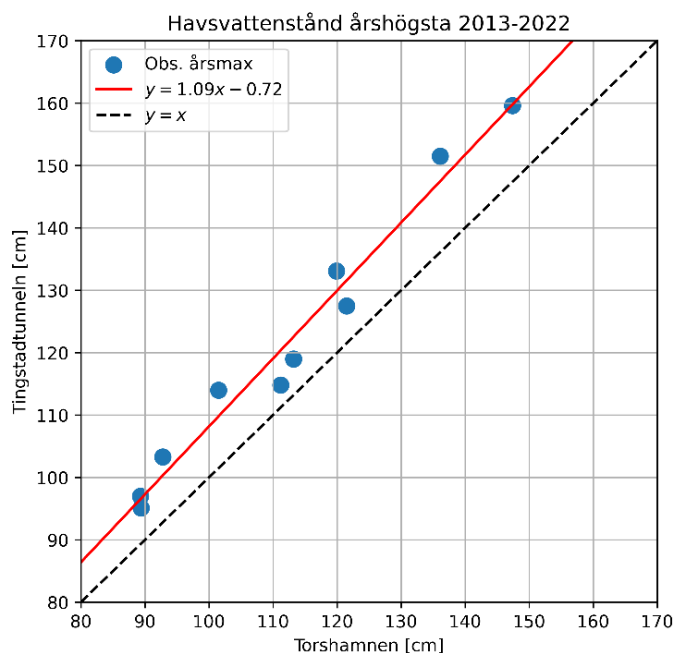
Resultatet i Figur 3 visar entydigt på att högvattenhändelserna förstärks uppströms vid Tingstadstunneln.



Figur 3. Diagram med jämförelse mellan årshögsta noteringar vid Torshammen mot samma händelser vid Tingstadstunneln. Höjdsystem: relativt medelvattenståndet.

Korrelationen mellan årshögsta noteringar för Torshammen och Tingstadstunneln visas i Figur 4 nedan. Passningen mot stickprovet (samtida årshögsta noteringar) visar på en ökande trend av förstärkta havsvattenstånd uppströms med ökat havsvattenstånd vid Torshammen.

Exempel: För 150 cm relativt medelvattenståndet vid Torshammen ger passningen 163 cm relativt medelvattenståndet vid Tingstadstunneln, differens +13 cm.



Figur 4. Diagram visande samtida årshögsta havsvattenstånd vid Torshammen och Tingstadstunneln år 2013-2022 (blå prickar). Övre linjen (röd) markerar linjär passning mot stickprovet och förhållandet beskrivs av ekvation i legenden. Nedre linje (streckad svart) motsvarar passningen om samtida årshögsta noteringar varit identiska vid Torshammen och Tingstadstunneln. Höjdsystem: relativt medelvattenståndet.

### 2.3 Beaktande av "Extremvattenstånd i Göteborg" (SMHI, 2018)

Som en del av Översvämningsdirektivet utförde SMHI på uppdrag av MSB år 2018 en omfattande analys av extremvattenstånd i Göteborg för att höja noggrannheten i de nivåer som används för att utvärdera översvämningsrisker (SMHI, 2018). Analysen resulterade i att ett påslag om +0 cm för medelvattenytans höjning uppströms samt +30 cm för effekten av en så kallad seiche (vattenpendling som kan uppkomma vid högvattenhändelser) rekommenderas adderas till extremnivåer inom älvområdet mellan Älvsborgsbron och Göta Älvbron. SMHI konstaterar att seichens bidrag till högvattennivåer i Göta älv är slumpmässig, men "kan uppgå till ungefär 30 cm", och att användandet av denna metod leder till en överskattning av extremnivån kopplat till en viss återkomsttid men också till att en underskattning av effekten undviks. Sannolikheten i återkomstvärdet justeras inte efter seiche-påslaget vilket, på grund av dess slumpmässiga förekomst, bör minska sannolikheten (öka återkomsttiden) för överskridandet av resulterande nivå signifikant.

#### 2.3.1 Swecos bedömning av underlaget

Effekten av vinduppstuvning anges inte som en komponent till högvattnet i (SMHI, 2018) men antas vara inkluderad i seiche-påslaget. Vid jämförelsen av årliga högvattenhändelser mellan Torshammen och Tingstadstunneln påvisas en maximal skillnad på cirka +15 cm relativt lokalt medelvattenstånd (se Avsnitt 2.2). Eftersom mätserierna har minutupplösning kan vi med säkerhet konstatera att en seiche-effekt om +30 cm uteblivit under tidsperiodens samtliga 10 års årshögsta högvattenhändelser (2013-2022). I SMHI:s analys förekommer en maximal seiche-amplitud om cirka +30 cm under 2 av totalt 73 analyserade högvattenhändelser. Under övriga 71 högvattenhändelser är maximal seiche-amplitud mellan +2 och +22 cm. Den maximala seiche-amplituden beror endast svagt av högvattennivå och inträffar nödvändigtvis inte samtidigt som högvattentoppen då den i analysen definierats som den maximala amplitud som påträffas inom 3 timmar från högvattenhändelsens topp. Sannolikheten för en seiche-amplitud om +30 cm och en samtidig extrem högvattentopp förefaller således relativt liten, vilket även SMHI konstaterar.

SMHI:s påslag för seiche om +30 cm för extremhögvatten bör alltså öka återkomsttiden avsevärt. Det finns också en risk att den gradvisa effekten av vinduppstuvning kopplat till högvattennivå försvinner

i ett resonemang där endast ett fast värde (+30 cm) ansätts till samtliga högvattennivåer. För att inte underskatta ett högsta högvatten har +30 cm applicerats på HHW samt på framtagna extremnivåer i *PM Dagvatten, skyfall och högvatten* (Sweco, 2025-06-18) medan beräknad vinduppstuvning enligt metod i Avsnitt 2.2 applicerats på MHW. Tabell 1 sammanställer samtliga komponenter som ingår i respektive nivå. Höger kolumn utgör summan av komponenterna, det vill säga det karaktäristiska havsvattenståndet vid gång- och cykelbroläget.

*Tabell 1 Höger kolumn: Karaktäristiska havsvattenstånd vid gång- och cykelbroläget angivna i meter i RH2000. Övriga kolumner: Redovisning av de komponenter som resulterar i framtagna nivåer för gång- och cykelbroläget.*

	Nivå (RH2000) år 2022 vid Torshammen	Medelvattentans lutning uppströms	Vinduppstuvning / seiche	Nivå (RH2000) år 2022 vid gång- och cykelbro
<b>HHW</b>	+1,52	+0,00	+0,30	+1,82
<b>MHW</b>	+1,06	+0,00	+0,13	+1,19
<b>MW</b>	+0,02	+0,00	-	+0,02
<b>MLW</b>	-0,59	+0,00	-	-0,59
<b>LLW</b>	-1,09	+0,00	-	-1,09

## 2.4 Resultat havsvattenstånd

Tabell 2 redovisar framtagna karaktäristiska havsvattenstånd vid Göteborg-Torshammen samt vid gång- och cykelbroläget angivna i RH2000. Den sammanlagda justeringen (påslaget) för MHW, om +13 cm, stämmer väl överens med Trafikverkets justering 2011 (+11 cm för MHW). För HHW resulterar dock analysen i en relativt sett högre justering, +30 cm, jämfört mot Trafikverket 2011 (+11 cm). Nolljusteringen av MW innebär en signifikant lägre justering jämfört mot Trafikverket 2011 (+11 cm).

*Tabell 2. Sammanställning av karaktäristiska havsvattenstånd vid Göteborg-Torshammen samt vid broläget angivna i RH2000.*

	Nivå (RH2000) år 2022 vid Torshammen	Nivå (RH2000) år 2022 vid gång- och cykelbro
<b>HHW</b>	+1,52	+1,82
<b>MHW</b>	+1,06	+1,19
<b>MW</b>	+0,02	+0,02
<b>MLW</b>	-0,59	-0,59
<b>LLW</b>	-1,09	-1,09

## 2.5 Sammanfattning havsvattenstånd

Sammanfattningsvis konstateras att havsvattenståndet vid gång- och cykelbron generellt är högre än vid Torshammen. Vattenytans lutning uppströms och den vinduppstuvningseffekt som förekommer under högvatten ska beaktas vid framtagande av karaktäristiska högvattenstånd. Det av SMHI framtagna påslaget för seiche/vinduppstuvning om +30 cm (SMHI, 2018) är endast lämpligt att addera till extremnivåer med låg sannolikhet så som HHW och inte till lägre karaktäristiska högvatten så som MHW. Seiche-påslaget bör användas med visst mått av försiktighet och man behöver ha i åtanke att återkomstvärdets sannolikhet minskar, det vill säga återkomsttiden ökar, vid användning av denna metod. Metodiken i (SMHI, 2018) är i nuläget praxis och "best estimate" för extremnivåer i centrala Göteborgsområdet och används också i detta PM för HHW samt i *PM Dagvatten, skyfall och högvatten* (Sweco, 2025-06-18). Underlaget för skattningen av extremnivåerna kan komma att uppdateras inom ramarna för Översvämningdirektivets 6-årscykel om MSB fortsätter identifiera Göteborg som ett område med betydande översvämningrisk.

Det framtagna underlaget som presenteras i Tabell 2 har beaktat längre tidsserier av observerade havsvattenstånd (55 år) och anpassats till de lokala förutsättningarna vid gång- och cykelbron utifrån 10 års kontinuerliga mätningar vid närliggande Tingstadstunneln och anses utgöra ett fullgott dimensioneringsunderlag.

## 3 KARAKTERISTISKA FLÖDEN

I den vattentekniska utredningen från 2011 (se Bilaga 1) beräknar SMHI ett antal karaktäristiska flöden utifrån en mätserie av vattenföringsdata från SMHI:s stationsnät i Göta älv mellan 1938-2008.

### 3.1 Metod

I denna utredning har mätdata från Lärjeholm (uppströms Sävveån mynning) för åren 2007-2021 varit tillgängliga. Inga flödesobservationer från Sävveån har dock funnits tillgängliga och därför har modellerade data genomgående nyttjats.

Genom SMHI:s hydrologiska avrinningsområdesmodell S-HYPE finns ett gediget dataunderlag av modellerad vattenföring som i stor utsträckning korregerats mot uppmätta värden från mätstationer. I dagsläget finns modellerade flödesdata tillgänglig för åren 1991-2020, vilket således inkluderar flödesförhållanden under Värnens tappningsstrategi som gällt från 2008.

I denna utredning har stationskorrigerad vattenföring från delavrinningsområde "Ovan Kvillebäcken i Göta älvs vattendragsyta" nyttjats (SMHI, 2023). Från denna dataserie finns beräknad karaktäristisk vattenföring, vilken anges jämte beräknade värden från SMHI (2011b).

### 3.2 Resultat flöden

Vid jämförelse av värden från SMHI (2011b) och den senast utförda beräkningen med S-HYPE framgår det att de senaste beräknade karaktäristiska flödena generellt sett är högre, både vad gäller HQ50, MHQ och MQ samt lägre vad gäller MLQ, se Tabell 3 nedan.

Tabell 3 Sammanställning av karaktäristiska flöden vid gång- och cykelbro från olika källor. Notera att SMHI inte tillhandahåller statistiska analyser med återkomsttid av 100 år från S-HYPE, eftersom dataseriens längd är otillräcklig\*.

Flöde	Projekt Hisingsbron SMHI (2011b) [m <sup>3</sup> /s]	Total stationskorrigerad vattenföring S-HYPE [m <sup>3</sup> /s]
HQ100	365	*
HQ50	345	389
MHQ	265	316
MQ	190	213
MLQ	130	89
LQ50	65	**

\* Dataserien av modellerad vattenföring i Göta älv är på cirka 30 år och är således cirka 20 år för kort för att beräkna flöde med 100-års återkomsttid.

\*\* SMHI tillhandahåller inte statistisk analys av LQ med 50 års återkomsttid i S-HYPE.

I december 2000 skedde en tappning vid Lilla Edet på 1279 m<sup>3</sup>/s, vilket beräknats ha givit upphov till ett flöde i Göteborgsgrenen på cirka 450 m<sup>3</sup>/s. I (SMHI, 2011b) föreslås att den nya Göta älvbron dimensioneras enligt de karaktäristiska flöden som då togs fram samt för en största tappning motsvarande 450 m<sup>3</sup>/s (SMHI, 2011b).

### 3.3 Sammanfattning flöden

I den vattentekniska utredningen från 2011 beräknar SMHI ett antal karaktäristiska flöden utifrån en mätserie av vattenföring mellan 1938-2008. Av utredningen framgår inte hur mätserien har erhållits och var observationerna gjorts, eller om flöden från exempelvis Sävån inkluderats.

Modellerade värden från S-HYPE inkluderar flödesförhållanden under Värnens tappningsstrategi som gällt från 2008 och är något högre för HQ50, MHQ samt MQ och något lägre för MLQ jämfört med värden från SMHI (2011b).

S-HYPE tillhandahåller inte statistisk analys av HHQ100, eftersom den modellerade dataserien är för kort, och heller inte för LLQ50. I december 2000 skedde en tappning vid Lilla Edet på 1279 m<sup>3</sup>/s, vilket beräknats ha givit upphov till ett flöde i Göteborgsgrenen på cirka 450 m<sup>3</sup>/s (SMHI, 2011b). Återkomsttiden av denna händelse är inte känd men flödet är relevant vid dimensionering. Tabell 4 sammanfattar de karaktäristiska flöden som tagits fram i detta PM. Underlaget utgörs av en kombination av olika datakällor som sammanfattas i tabellen. Vid händelser av extrema flöden, så som HQ50 och HHQ, bedöms strömhastigheten i ytan kunna uppgå mot cirka 1.0 m/s och i medeltal över djupet till cirka 0.6-0.7 m/s i mitten av älvfåran vid broläget. Vid mer normala eller medelhöga flödesförhållanden (MQ och MHQ) varierar strömhastigheten i ytan mellan cirka 0.3-0.7 m/s.

*Tabell 4. Sammanställning av karaktäristiska flöden vid gång- och cykelbro och tillhörande datakällor. Notera att karaktäristiskt värde HHQ inte är kopplat till någon återkomsttid\*\*\*.*

Karaktäristiskt flöde [m <sup>3</sup> /s]	Källa
<b>HHQ</b>	450*** (SMHI, 2011b)***
<b>HQ50</b>	389 S-HYPE
<b>MHQ</b>	316 S-HYPE
<b>MQ</b>	213 S-HYPE
<b>MLQ</b>	89 S-HYPE
<b>LQ50</b>	65 (SMHI, 2011b)

\*\*\* Föreslaget värde är inte kopplat till någon återkomsttid men bedöms motsvara flödet för en största tappning vid Lilla Edet.

## 4 DÄMNING

---

För att uppskatta vilken dämningseffekt uppförandet av en gång- och cykelbro i tänkt läge i älven kan ge, har överslagsberäkningar utförts som komplement till de som tidigare utfördes 2007, se Bilaga 2.

### 4.1 Överslagsberäkning dämmande effekt

I samband med tidigare projektering av gång- och cykelbro som utfördes 2007 bedömdes den då tilltänkta brons dämmande effekt (THALASSOS, 2006), se Bilaga 2. För att uppdatera och utföra en ny beräkning med dagens djupförhållanden i beaktning, verifieras först den tidigare beräkningen.

#### 4.1.1 Beräkningsfall 1: Verifiering av tidigare modellering 2007

Resultat av 3D-modelleringen som utfördes i samband med tillståndsansökan för gång- och cykelbro år 2007 visade bland annat på en mer eller mindre obetydlig dämmande effekt som innebar en uppströms höjning av vattenståndet med **cirka 1 mm** (ungefärligen i höjd med Göteborgs Opera).

I dessa simuleringar användes ett flöde om  $180 \text{ m}^3/\text{s}$  vilket ungefärligen motsvarar en medelvattenföring i älven ( $MQ = 190\text{-}213 \text{ m}^3/\text{s}$ , se Tabell 3 ovan). Vidare gestaltades brofundament och ledverk, et cetera i form av blockerade beräkningsceller (fyrkantiga boxar) och för att simulera ett ”worst case” blockerades beräkningsceller på ett sätt som ansågs motsvara blockeringen under anläggningsfasen om allt anläggningsarbete skulle utföras samtidigt. Detta är förstås konservativt räknat och innebär en maximal blockering av flödet i förhållande till dåvarande förslag på broutformning. Modellen lyckades återskapa Göta älvs estuarina cirkulation med ett utflödande älvvattenskikt (ned till cirka 5 meters djup) ovanpå ett inflödande havsvattenskikt (saltkil). Det utfördes dock inte simuleringar för högre eller lägre flöden, vilket bör beaktas i bedömningen av dämning för den slutgiltiga broutformningen. Högre och lägre flöden behandlas överslagsmässigt i Avsnitt 4.1.2.

Sammanfattningsvis tycks den minskning av älvens tvärsnittsarea som dåvarande broförslag innebar inte vara stor nog i förhållande till älvens flödeshastigheter för att ha någon betydande dämmande effekt på älvflödet.

Området i älven var djupare år 2007 än vad det är idag och tvärsnittet vid gång- och cykelbron respektive Operan uppskattas varit ungefär  $2150 \text{ m}^2$  respektive  $950 \text{ m}^2$ . Tvärsnittsarean vid bron uppskattas i modellen varit cirka 40 % mindre för simuleringar med brokonstruktioner inkluderade jämfört mot simuleringar utan brokonstruktion.

Utifrån Bernoullis ekvation och några förenklande antaganden har överslagsberäkningar utförts för att försöka återskapa modellresultaten från 2007. För samma flöde och batymetri fås en uppströms höjning vid Operan om **cirka 1 mm** vilket stämmer väl överens med modellresultaten.

Utöver Bernoullis antagande om en stationär, inkompressibel och friktionsfri strömning längs en strömlinje har överslagsberäkningarna förenklats genom följande antaganden:

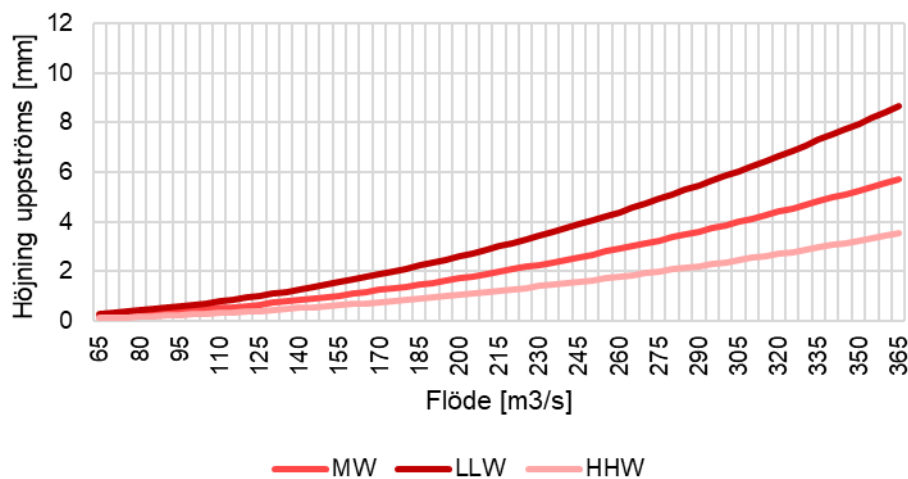
- Tryckskillnaden uppströms (vid Operan) och nedströms (vid gång- och cykelbron) är noll.
- Vattnets densitet är konstant i det utflödande älvvattnets tvärsnitt.
- Saltkilens läge (djup) är konstant.
- Skillnaden i vattenstånd vid broläget är noll för strömning med och utan bro.
- Skillnaden i strömhastighet är för ett givet flöde noll vid Operan för strömning med och utan bro.

#### 4.1.2 Beräkningsfall 2: Uppskattning nuvarande djupförhållanden

Nuvarande djupförhållanden härrör från en sjömätning utförd av Göteborgs hamn 2022 och resulterar i en tvärsnittsarea vid gång- och cykelbron och Operan om cirka 1900 m<sup>2</sup> respektive 800 m<sup>2</sup>, vilka är mindre än motsvarande från beräkningar 2007. Den största minskningen i tvärsnittsarea mellan 2007 och 2022 återfinns dock i saltkilen, det vill säga på djup under mer än 5 meter, vilket inte påverkar den beräknade strömningen av det utflödande älvvattnet. Blockeringen av bron har uppskattats från ett tidigt utformningsalternativ som innebär en minskning av tvärsnittet vid gång- och cykelbron om cirka 40 % under anläggningsfasen förutsatt att allt anläggningsarbete utförs samtidigt. Resultaten är således konservativa även i detta beräkningsfall eftersom minskningen av tvärsnittsarean är lägre efter anläggningsfasen. För samma flöde, vattenstånd och förenklade antaganden som användes i *Beräkningsfall 1* uppskattas höjningen uppströms till **cirka 1 mm**.

Beräkningsmetodens känslighet för flöde och vattenstånd visas i Figur 5 nedan. Notera att tvärsnitten ökar med ökat vattenstånd vilket innebär att den relativa höjningen uppströms relaterad till brokonstruktionens påverkan på flödet blir mindre för höga vattenstånd och flöden. Broutformningen bygger på broförslag och stödplaceringar från ett tidigt utformningsalternativ. I fortsatt utredningsarbete kommer motsvarande bedömningar att behöva göras för aktuellt broförslag så snart som linjeföring och broutformning har slagits fast.

#### Vattennivåhöjning uppströms



Figur 5. Diagram visande förenklat förhållande mellan flöde och uppströms höjning för olika vattenstånd vid gång- och cykelbron. Beräkningen baseras på djupförhållanden från sjömätning 2022 och en uppskattad brokonstruktion för ett tidigt utformningsalternativ.

#### 4.1.3 Beräkningsfall 3: Framtida ramfritt djup

Nuvarande djupförhållanden kombinerat med ett nytt framtida ramfritt djup i farleden om 6,3 m innebär endast ändringar av djupförhållandena i saltkilsskiktet och påverkar alltså inte det utflödande älvvattnets tvärsnitt. Överslagsberäkningarna resulterar således även i detta fall i en uppströms höjning till **cirka 1 mm**.

### 4.2 Sammanfattning dämning

Utifrån överslagsmässiga strömningsberäkningar sammanställda i detta avsnitt samt tidigare strömningsmodellering från 2007 bedöms gång- och cykelbron endast ha en lokal påverkan på strömningen i brofundamentens direkta närhet.

Den minskning av tvärsnittsarean vid broläget som broförslaget kan tänkas medföra utgör en obetydlig dämning av flödet i Göta älv, även i ett framtida scenario med grundare ramfritt djup i farleden.

Den uppskattade relativa minskningen av tvärsnittsarean vid broläget (cirka 40 %) kan tyckas stor, men är i förhållande till älvens karaktäristiska flödes hastigheter inte tillräckligt stor för att resultera i någon betydande dämning av flödet eller alterering av älvsnittets generella strömningsmönster. Minskningen av tvärsnittsarean förutsätter även ett scenario under anläggningsfasen där allt anläggningsarbete utförs samtidigt. Uppskattningen är således konservativ och minskningen av tvärsnittsarean väntas vara lägre under brons driftsfas.

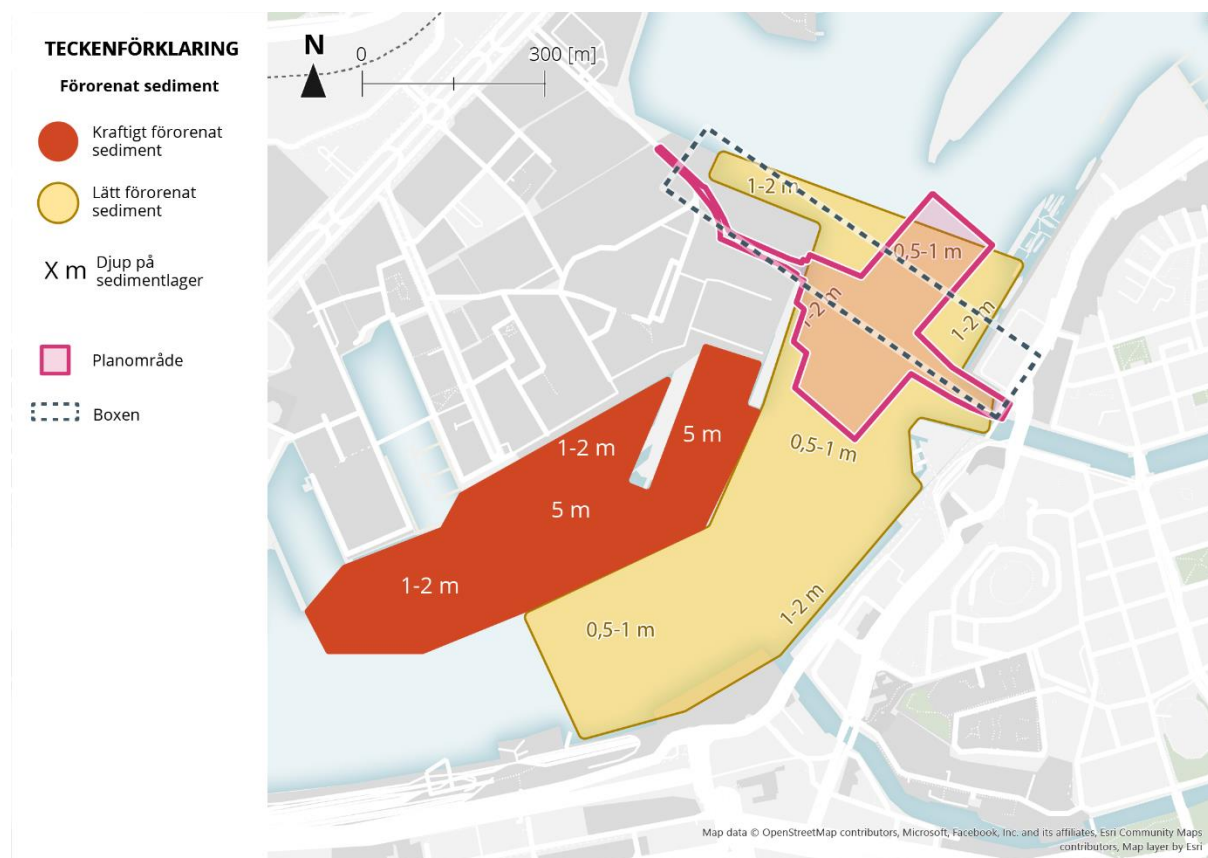
## 5 SEDIMENTSPRIDNING

Gång- och cykelbron bedöms endast ha en lokal påverkan på strömningen i älven i brofundamentens direkta närhet. Från dessa resultat dras slutsatsen att upprättandet av bron i sig inte kommer medföra en betydande alterering av älvsnittets generella erosions- och ackumulationsmönster. Däremot kan anläggningsarbetet innebära en tillfälligt förhöjd suspension och spridning av bottensediment.

### 5.1 Sedimentationsförhållanden

Vattenområdet kring centrala Göteborg är Göta älvs första sedimentationsområde nedströms Vänern vilket innebär en kontinuerlig sedimentation (ackumulation) av finkorniga partiklar, så som siltig lera, i området. Detta innebär att Göteborgs Hamn regelbundet underhållsmuddrar farleden (och längs aktiva kajer) för att idag upprätthålla ett farledsdjup om 6,3-7,4 meter. I ett opåverkat tillstånd hade vattendjupet varit grundare än 3 meter. En tidigare uppskattning anger en årlig sedimentackumulering i intresseområdet om cirka 5-10 cm.

Bottensedimenten i intresseområdet är förorenade i olika utsträckning. Tidigare undersökningar definierar bottensedimenten i området kring planområdet och boxen som lätt förorenade med en mäktighet om 0,5-1,0 meter vid älvens huvudfåra/farled och 1,0-2,0 meter närmre Hugo Hammars kaj och Stora Tullhuset. Detta kan ställas i förhållande till de kraftigt förorenade bottensedimenten nedströms broläget vid Lindholmen, se Figur 6.



Figur 6. Kartbild över föroreningssituationen i vattenområdet med angivna mäktigheter av förorenade sediment. Illustrationen är baserad på underlag från Rapport Gång och cykelbro över Göta älv Merkostnader för mark- och sedimentsanering (Relement Miljö Väst, 2020).



# REFERENSER

---

Relement Miljö Väst. (2020). *Rapport - Gång och cykelbroar över Göta älv Merkostnader för mark- och sedimentsanering.*

SMHI. (2011a). *Vattenstånd nya Götaälvsbron.*

SMHI. (2011b). *Hydrologiskt dimensioneringsunderlag för Göta älvbron.*

SMHI. (2018). *Extremvattenstånd i Göteborg.* Karlstad: MSB.

SMHI. (den 19 10 2023). *Vattenwebb.* Hämtat från S-HYPE Modelldata per område:  
<https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>

Sweco. (2025-06-18). *PM Dagvatten, skyfall och högvatten.*

# BILAGA 1



UPPDRAG

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars  
kaj

DOKUMENT

PM Hydrologi

BILAGA

Vattenteknisk utredning Hisingsbron 2011

UPPDRAGSNUMMER

30054710



## Ny Göta älvbro Ansökan om tillstånd till vattenverksamhet

### PM Högsta högvatten

#### Orientering

Denna PM har tagits fram för att klarlägga de hydrologiska förutsättningarna som underlag för anläggande av en ny Göta älvbro. Dimensionerande flöden och vattenstånd redovisas nedan.

#### Flöden

SMHI har beräknat karakteristiska vattenföringar i Göta älv vid läget för ny Göta älvbro, se bilaga 1 till denna PM. Beräkningarna är baserade på historiska data från SMHI:s stationsnät och statistisk analys av tidsserier för åren 1938-2008. Följande karakteristiska flöden har beräknats:

**Tabell 1. Flöden (dygnsmedelvärden i m<sup>3</sup>/s)**

HHQ-100 år	365
HHQ-50 år	345
MHQ	265
MQ	190
MLQ	130
LLQ-50 år	65

Faktor för momentanflöde, HHQ: 1

Mot bakgrund av de översvämningar som inträffade i Vänerområdet och framförallt i Arvika år 2000 har Länsstyrelsen Västra Götalands län och Vattenfall AB (parterna) träffat överenskommelse om ändrad tappning från Vänern inom ramen för bestämmelser i gällande vattendomen.

Överenskommelsen gäller från och med den 1 oktober 2008. Beslutet med tappningsställare framgår av bilaga 2 till denna PM. Tappningsställaren kan sammanfattas i tabell nedan och avser tappningen vid Vargöns kraftverk.

**Tabell 2. Tappningsställare för Vänern (i höjdsystem RH00)**

<i>Vänerns vattennivå (möh)</i>	<i>Lägsta veckomedeltappning</i>
Över 44,7 m	Max enligt vattendom (1030 m <sup>3</sup> /s)
44,5 – 44,7 m	870 m <sup>3</sup> /s
44,3 – 44,5 m	780 m <sup>3</sup> /s
44,0 – 44,3 m	Linjär interpolering mellan 170 m <sup>3</sup> /s och 780 m <sup>3</sup> /s

Enligt uppgift från Vattenfalls driftcentral Bispgården uppgår den största tappningen som skett vid Lilla Edet till 1279 m<sup>3</sup>/s, vilket skedde i december år 2000. Flödet i Göteborgsgrenen kan därvid uppskattas till ca 450 m<sup>3</sup>/s.

Den nya Göta älvbron föreslås dimensioneras för flödena i tabell 1 samt för en största tappning av 450 m<sup>3</sup>/s.

## Vattenstånd

### Historiskt

SMHI har beräknat karakteristiska vattenstånd i Göta älv vid läget för den nya Göta älvbron, se bilaga 3 till denna PM. Beräkningarna baseras på observerade dygnsvärden för perioden 1887-1958 från Ringön, timvärden från Klippan 1959-1967 och timvärden från Torshamnen 1968-2004 samt 10-minutersvärden från 2005-2010. Nivåerna anges både relativt beräknat medelvatten 2010 och i höjdsystemen RH00, RH70, RH 2000 och GH88 angett för år 2010. I ansökan tillämpas Göteborgs höjdsystem GH88.

Följande karakteristiska vattenstånd framgår av bilaga 3:

**Tabell 3. Karakteristiska vattenstånd från SMHI**

	Observerat rel MW	RH00	RH70	RH2000	GH88	År, datum
HHW	170	152	162	174	1169	1914, 1204
MHW	99	81	91	103	1098	
LHW	52	34	44	56	1051	
MW	0	-18	-8	4	999	
HLW	-40	-58	-48	-36	959	
MLW	-62	-80	-70	-58	937	
LLW	-112	-130	-119	-108	887	1976, 0103
DW	281	281	281	281	281	

**Medelvärdena avser år: 2011**  
**Landhöjningskoefficient: 0,16 cm/år**

Högsta observerade högvattenstånd inträffade vid Ringön 1914 då vattenståndet där uppmättes till 170 cm över medelvatten eller +11,69 enligt GH88. Enligt SMHI var förhållandena vid stormen Gudrun 2005 jämförbara, men då saknades officiell registrering vid Ringön.

Med hänsyn till Göteborg stads egen erfarenhet och praxis samt andra ansökningar och tillstånd till vattenverksamheter som föreligger, se bilaga 4, har de av SMHI angivna karakteristiska vattenstånden justerats något, varför följande vattenstånd föreslås ligga till grund för dimensionering av den nya bron:

### Karakteristiska vattenstånd Göta älv, Göteborg

HHW	11,8
MHW	11,1
MW	10,1
MLW	9,4
LLW	8,9

## Möjliga framtida vattennivåer i Göta älv

Klimat- och sårbarhetsutredningen från 2007 anger en förväntad havsnivåhöjning med 0,2-0,6 m till år 2100. Prognosen baseras på uppgifter från FN:s klimatpanel, IPCC. Nordsjön skulle enligt IPCC kunna stiga upp till 0,8 m.

Sedan 2007 har det tillkommit forskarrapporter från Tyskland, Storbritannien, Australien och USA som hävdar att klimatpanelen inte tagit tillräcklig hänsyn till havsströmmarna och den isavsmältning, som redan pågår i Arktis. Läger man samman dessa rapporter är intervallet för havsnivåhöjningen 0,8-2 meter på 100 år.

Med hänsyn till ovan nämnda utredning och rapporter har Göteborgs kommun i sin Översiktsplan föreskrivit att ny bostadsbebyggelse skall ha en färdig golvnivå som inte underskrider nivån + 12,8 m dvs 1 m över hittills uppmätta högsta högvattenstånd.

Samhällsviktiga anläggningar skall dessutom säkras upp till ytterligare 1m dvs +13.8 m. Säkringen kan vara permanent eller vara förberedd temporärt.

## Dimensionering

Den nya Göta älvbron föreslås dimensioneras för vattenstånden enligt tabell 3 ovan med beaktande av att samhällsviktiga anläggningar skall säkras upp till nivån +13.8 m.

### Bilagor

- Bilaga 1 DimQ Göta älvbron
- Bilaga 2 En ändrad tappningsstrategi för Väneren
- Bilaga 3 Vattenstånd nya Götaälvbron, SMHI
- Bilaga 4 Vattenstånd nya Götaälvbron, projektbeslut

Bertil Israelsson  
Norconsult AB  
Theres Svenssons gata 11  
417 55 Göteborg

Datum: 2011-08-11

## Vattenstånd Nya Götaälvbron

Bifogat detta brev finns uppgifter om karakteristiska vattenstånd vid Nya Götaälvbron i Göteborg. Analysen baseras på observerade dygnsvärden för perioden 1887-1958 från Ringön, timvärden från Klippan 1959-1967 och timvärden från Torshamnen under perioden 1968-2004 samt 10-minutersvärden för perioden 2005-2010. Alla nivåer anges både relativt beräknat medelvatten 2011 och i höjdsystemen RH00, RH70, RH2000 och GH88 angett för år 2011. Ingen hänsyn är tagen till den steriska effekten eller uppstuvningseffekten uppströms mellan Torshamnen och placeringen av den nya Götaälvbron.

I tabellen finns en kort beskrivning av de olika ingående nivåerna:

*KarW\_Nya\_Götaälvbron\_2011.pdf*

Högsta högvatten i Göteborg, 170 cm över medelvatten inträffade vid Ringön år 1914.

Med vänlig hälsning

Thomas Hammarklint  
Konsult oceanografi

Direkttel: 011-4958435  
[Thomas.Hammarklint@smhi.se](mailto:Thomas.Hammarklint@smhi.se)

---

**DATA/UPPGIFTER I DETTA BREV FÅR INTE SÄLJAS ELLER ÖVERLÅTAS TILL TREDJE PART AV KUND ELLER ANVÄNDAS UTANFÖR DET ANGIVNA PROJEKTET**

---

**SMHI – Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut**

601 76 Norrköping Besök Folkborgsvägen 1 Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

SMHI  
Box 40  
190 45 Stockholm/Arlanda

SMHI  
Sven Källfelts Gata 15  
426 71 Västra Frölunda

SMHI  
Hans Michelsensgatan 9  
211 20 Malmö

SMHI  
Universitetsallén 32  
851 71 Sundsvall

**Vattenstånd (cm)**

Karakteristiska värden ( i förhållande till MW)

Station: NYA GÖTAÄLVBRON (MED STÖD AV DATA FRÅN  
TORSHAMNEN, RINGÖN OCH KLIPPAN)

Lat: N 57 ° 41 '

Long: E 11 ° 47 '

Period: 1887 - 2010

	Observerat					år datum
	rel MW	RH00	RH70	RH2000	GH88	
HHW	170	152	162	174	1169	1914 1204
MHW	99	81	91	103	1098	
LHW	52	34	44	56	1051	
MW	0	-18	-8	4	999	
HLW	-40	-58	-48	-36	959	
MLW	-62	-80	-70	-58	937	
LLW	-112	-130	-119	-108	887	1976 0103
DW	281	281	281	281	281	

Medelvärdena avser år: 2011

Landhöjningskoefficient\*: 0.16 cm/år

\* Apparent landhöjning (absolut landhöjning - havsnivåhöjning)

HHW = Högsta högvattenstånd (Högsta av årens högsta W)

MHW = Medelhögvattenstånd (Medel av årens högsta W)

LHW = Lägsta högvattenstånd (Lägsta av årens högsta W)

MW = Medelvatten stånd (=0)

HLW = Högsta lågvattenstånd (Högsta av årens lägsta W)

MLW = Medellågvattenstånd (Medel av årens lägsta W)

LLW = Lägsta lågvattenstånd (Lägsta av årens lägsta W)

DW = Differens mellan högsta och lägsta vattenstånd

RH00 = Rikets höjdsystem 1900

RH70 = Rikets höjdsystem 1970

RH2000 = Rikets höjdsystem 2000

Norconsult AB  
Bertil Israelsson

**Datum:** 2011-03-28  
**Vår referens:** 2011/499/204

Box 8774  
402 76 GÖTEBORG

## Dimensioneringsunderlag för Göta älv

Tack för din beställning!

I bilaga redovisas det hydrologiska dimensioneringsunderlaget för Göta älv

Dessa beräkningar baseras på historiska data från SMHI:s stationsnät. Det finns tecken på att klimatet förändrats, vilket bl. a. visar sig i en global temperaturhöjning, glaciärers tillbakagång och förändrade nederbördsmonster. För att studera framtidens klimat, med förändringar orsakade av såväl naturliga variationer som av människan påverkade faktorer, behöver man använda klimatmodeller.

.

På vår hemsida kan du läsa mer om bland annat vårt stationsnät, definitioner, momentanflöde, återkomsttider och risknivåer samt presentationer av övriga hydrologiska underlag för infrastrukturobjekt.

Gå in på: [www.smhi.se](http://www.smhi.se)  
**PRODUKTER OCH TJÄNSTER**  
**Bygg och anläggning**

Med vänlig hälsning

SMHI  
Miljö och Säkerhet

Jonas German

Telefonnummer direkt 011-495 8596  
Epost : [jonas.german@smhi.se](mailto:jonas.german@smhi.se)

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 Norrköping

Växel samtliga kontor 011-495 80 00, Fax 011-495 80 01

SMHI Stockholm  
Box 40  
SE 190 45 STOCKHOLM-ARLANDA

SMHI Göteborg  
Sven Källfelts Gata 15  
SE 426 71 VÄSTRA FRÖLUNDA

SMHI Malmö  
Hans Michelsensgatan 9  
SE 211 20 MALMÖ

SMHI Sundsvall  
Universitetsallén 32  
SE 851 71 SUNDSVALL

## Hydrologiskt dimensioneringsunderlag

- för dimensionering, i vattenmål eller under byggplanering

**Objekt / ändamål:** Göta älvbron  
**Vattendrag:** Göta älv  
**Huvudavrinningsområde:** 108, Göta älv  
**Beräkningspunktens**  
**x y-koordinater (RAK):** 6405354 1271314  
**Avrinningsområdets storlek (km<sup>2</sup>):** 50069  
**Sjöandel:** 19 %

**Beräkningsunderlag/arbetsmoment:**

MQ bestäms m.h.a. stationsuppgifter från Göta älv fram t.o.m. 2008.

HHQ, MHQ, MLQ och LLQ bestäms mha medelvärdesberäkningar och statistisk analys av tidsserier från vattenföringsstationer i Göta älv för åren 1938 – 2008.

**Uppgifterna nedan gäller för:**  Oreglerade  Reglerade framrinningsförhållanden

**Flöden (dygnsmedelvärden i m<sup>3</sup>/s)**

<b>HHQ-100 år</b>	<b>365</b>
<b>HHQ-50 år</b>	<b>345</b>
<b>MHQ</b>	<b>265</b>
<b>MQ</b>	<b>190</b>
<b>MLQ</b>	<b>130</b>
<b>LLQ-50 år</b>	<b>65</b>

**Faktor för momentanflöde, HHQ: 1**

**Kommentarer och eventuella begränsningar / reservationer i beräkningarna:**

För förklaringar till ovanstående definitioner (HHQ, MHQ, MQ etc.) hänvisas till vår hemsida under adressen angiven i följebrevet.

Flöden i tabellen ovan är dygnsmedelvärden. Momentant kan det under dygnet förekomma ännu högre flöden. HHQ-100 år resp. HHQ-50 år räknas upp med ovan angiven "Faktor för momentanflöde".

Med HHQ-100år resp. 50 år avses det flöde som över en oändligt lång tidsperiod har en genomsnittlig återkomsttid på 100 resp 50 år. Flödet kan således inträffa flera gånger under en 100- resp. 50-årsperiod. Motsvarande definition gäller för vattenstånd och hastigheter.

Observera att regleringsstrategin i Väneren har förändrades 2008, se t.ex.

<http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/manniska-och-samhalle/krisberedskap/smhi-rapport201085.pdf> eller <http://www.smhi.se/nyhetsarkiv/ny-prognosmodell-for-vanern-forbattrar-framforhallningen-1.502>. De här redovisade värdena bygger den tidigare regleringen.

**OBS ! För en anläggning som står i 100 år är sannolikheten 63% att minst ett 100-årsflöde inträffar under dessa 100 år.**

**Kontaktperson:** Jonas German

Telefonnummer direkt 011-495 8596

Epost : [jonas.german@smhi.se](mailto:jonas.german@smhi.se)



Försvarsdepartementet  
103 33 Stockholm

## **En ändrad tappningsstrategi för Vänern – överenskommelse mellan Länsstyrelsen Västra Götalands län och Vattenfall AB (Fö 2008/194/SSK)**

### **Uppdrag**

Regeringen har uppdragit åt Länsstyrelsen att förhandla med Vattenfall AB om en ändrad avtappningsstrategi inom vattendomens ram för att sänka de högsta vattenstånden i Vänern.

### **Överenskommelse**

Länsstyrelsen har, efter samråd med Länsstyrelsen i Värmlands län, SMHI och Sjöfartsverket, träffat överenskommelse med Vattenfall AB om en ändrad tappningsstrategi. Överenskommelsen får betraktas som temporär i avvaktn på de långsiktiga beslut om åtgärder som krävs för att hantera framtida översvänningsrisker kring Vänern till följd av klimatförändringar.

Överenskommelsen bygger på att tappningen från Vänern styrs av en tappningsställare där tappningsvolymen bestäms av Vänerns vattenstånd och en 8-veckors prognos för tillrinningen till Vänern.

Överenskommelsen träder i kraft 1 oktober 2008 och under förutsättning att SMHI kan tillhandahålla en anpassad modell för långtidsprognos.

### **Uppföljning**

Länsstyrelsen bedömer, liksom Klimat- och sårbarhetsutredningen, att de positiva effekterna av en ändrad tappningsstrategi är större än de oönskade effekter av strategin som kan uppstå för bl a naturmiljön, fågellivet, fisket, friluftslivet och andra intressen. Det är därför angeläget att effekterna av överenskommelsen följs upp och utvärderas årligen. Länsstyrelsen kommer att ta initiativ till såväl en översyn av befintliga övervakningsprogram liksom en samlad uppföljning av effekterna. Länsstyrelsen planerar att sammankalla en arbetsgrupp med företrädare för Länsstyrelsen i Värmlands län, SMHI och Vänerns vattenråd. I arbetet bör i första hand befintliga övervakningsprogram och datainsamling utnyttjas. Arbetsgruppen bör senast 1 oktober 2008 redovisa en bedömning om nuvarande övervakning är tillräcklig samt ge förslag på kompletterande övervakning.

Länsstyrelsen anser härutöver att det krävs särskilda insatser för att genomföra en extensiv kartering som kan fungera som referens till ett framtida tillstånd. En sådan kartering behöver åtminstone omfatta en kartläggning av strandzonens struktur och vegetation, genom flygfotografering respektive vegetationskartering, samt provtagning i ett statistiskt urval av grunda vikar med avseende på deras fysiska, kemiska och fiskeribiologiska förhållanden. Åtgärderna kan beräknas kosta i storleksordningen två miljoner kronor.

Länsstyrelsen hemställer att regeringen tilldelar särskilda medel för dessa åtgärder.

Beslut i ärendet har fattats av länsöverdirektören Göran Bengtsson. I den slutliga handläggningen har deltagit vattenvårdsdirektören Björn Sjöberg, naturvårdsdirektören Sven Swedberg, länsmiljöingenjören Sten Wolme samt rättschefen Maria Wassén. Säkerhetsdirektören Lennart Olofsson har varit föredragande.

Göran Bengtsson

Lennart Olofsson

**Bilagor:**

Överenskommelsen  
Bilaga till överenskommelsen

**Sändlista:**

Försvarsdepartementet, 103 33 Stockholm  
Vattenfall AB  
SMHI  
Sjöfartsverket  
Länsstyrelsen i Värmlands län



## En ändrad tappningsstrategi för Vänern – överenskommelse mellan Länsstyrelsen Västra Götalands län och Vattenfall AB

### Uppdrag

Regeringen har den 17 januari 2008 uppdragit åt Länsstyrelsen i Västra Götalands län att förhandla med Vattenfall AB om att ändra avtappningsstrategin inom vattendomens ram för att sänka de högsta vattenstånden i Vänern

### Bakgrund

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterar i sitt delbetänkande Översvämnings- hot – risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaran och Vänern, liksom regeringen i sitt uppdrag till Länsstyrelsen ”att konsekvenserna av översvämningar kring bl.a. Vänern kan leda till omfattande skador på areella näringar, bebyggelse, sjöfart m.fl. intressen”. Utredningen har därvid föreslagit som en första åtgärd att ändra avtappningsstrategin för att sänka de högsta vattenstånden i Vänern och därmed också uppnå att de allra största tappningarna genom Göta älv blir betydligt mindre vanliga än med nuvarande strategi.

Mot bakgrund av erfarenheterna från översvämningarna 2000/2001 och klimat- och sårbarhetsutredningens slutsatser och förslag har Länsstyrelsen tillsammans med Vattenfall och i samråd med SMHI genomfört simuleringar för att få underlag för att bedöma förutsättningarna för och effekterna av en ändrad tappningsstrategi för Vänern. Simuleringarna har utgått ifrån vattendomens bestämmelser och Sjöfartsverkets avtal med Vattenfall AB om bl.a. farledsdjup i Vänern. Simuleringarna har också utgått ifrån att SMHI kan tillhandahålla en anpassad prognosmodell som visar tillrinningen till Vänern från hela avrinningsområdet. Resultatet av dessa simuleringar visar att det är möjligt att sänka de högsta vattenstånden i Vänern med upp till cirka 40 cm.

### Överenskommelse om en ändrad tappningsstrategi

Mellan Länsstyrelsen Västra Götalands län och Vattenfall AB (parterna) har träffats överenskommelse om ändrad tappning från Vänern och inom ramen för vattendomens bestämmelser.

Överenskommelsen gäller ett år från och med den 1 oktober 2008. Överenskommelsen kan sägas upp tre månader före utgången av tiden för överenskommelsen. Utebliven uppsägning medför att överenskommelsen förlängs med ett år i taget, men gäller dock längst t.o.m. den 31 december 2012. Om oförutsedda eller oönskade händelser *av betydelse* skulle inträffa har part rätt att säga upp överenskommelsen till omedelbart upphörande.

Innehållet i överenskommelsen, som träffats efter samråd med SMHI, Länsstyrelsen i Värmlands län och Sjöfartsverket, redovisas i form av en **Tappningsställare för Vänern** (bilaga).

### **Vänerns reglering**

Vänern är reglerad och detaljerade vattenhushållningsbestämmelser finns i vattendomstolens dom den 19 juni 1937 (mål A.M. 27/1925) med vissa ändringar i vattendomstolens dom den 25 mars 1955 (mål A.M. 65/1954 och S.M. 8/1953). 1937 års dom med de ändringar som beslutades genom domen 1955 kallas här Vänerdomen.

### **Tappningsställaren är förenlig med Vänerdomen**

Länsstyrelsen och Vattenfall AB har gjort bedömningen att tillämpningen av tappningsställaren är förenlig med Vänerdomen.

### **Närmare om tappningen**

Vattenfall AB ska sköta tappningen från Vänern, huvudsakligen i enlighet med tappningsställaren. Denna överenskommelse ska inte innebära någon förändring i Vattenfall AB:s rätt att förändra tappningen av skäl som kan hänföras till säkerhet eller incidenter vid Vattenfall AB:s anläggningar. Vattenfall AB:s skyldigheter att följa Vänerdomens vattenhushållningsbestämmelser, lagar, föreskrifter och dylikt förändras inte genom denna överenskommelse.

Detta gäller även Vattenfall AB:s driftsinstruktion om att tappningen vid Vargön bör anpassas så att vattenståndet + 1,90 m inte överträds nedströms Lilla Edet.

### **Ersättning**

Vattenfall AB har inget krav på ersättning för produktionsförluster med anledning av denna överenskommelse om ändrad tappningsstrategi.

### **Konsekvenser av en ändrad tappningsstrategi - uppföljning**

En ändrad tappning enligt överenskommelsen kan medföra oönskade konsekvenser för bl.a. naturmiljön, fågellivet, fisket, friluftslivet och andra intressen. Det ankommer på parterna att årligen följa upp och redovisa effekterna av denna överenskommelse.

### **Ikraftträdande av överenskommelsen**

Denna överenskommelse träder i kraft 1 oktober 2008.

Denna överenskommelse har upprättats i två exemplar av vilka parterna tagit var sitt.

För Länsstyrelsen Västra Götalands län:

För Vattenfall AB:

Göran Bengtsson  
Länsöverdirektör

Göran Lundgren  
Chef Elproduktion Norden

Lennart Olofsson  
Säkerhetsdirektör

### **Bilaga:**

Tappningsställare för Vänern

## **Tappningsställare för Vänern**

## **Bilaga**

### **Sammanfattning**

Vattenfall har i överenskommelse med Länsstyrelsen Västra Götalands län förbundit sig att avtappningen från Vänern inom ramen för Vänerdomens vattenhushållningsbestämmelser ska styras av en tappningsställare där ingående parametrar är vattenståndet i Vänern och en 8-veckors prognos för tillrinningen till Vänern

Vattenfall förbinder sig att på veckobasis, och inom ramen för Vänerdomens vattenhushållningsbestämmelser, från Vänern tappa minst den ur tappningsställaren beräknade tappningen, med reservation för temporära kapacitetsbegränsningar i kraftstationerna eller temporära avvikelser varom parterna är överens, t ex minskad tappning för att förhindra översvämningar längs Göta älv.

### **Tappningsställaren**

I tappningsställaren bestäms lägsta tappningsvolym för den kommande veckan dels av vattenståndet i Vänern och dels av en 8-veckors prognos för tillrinningen till Vänern. Vänerns verkliga vatteninnehåll ökas alternativt minskas med skillnaden mellan 8-veckorsprognosen och medeltillrinningen för åren 1950 – 2006. Det härmed framräknade fiktiva vattenståndet i Vänern är det vattenstånd som i tappningsställaren ger värdet på lägsta tappning för kommande vecka. I situationer med hög prognoserad tillrinning leder utnyttjandet av långtidsprognoser och beräkning av ett fiktivt vattenstånd till att lägsta tappning blir högre än vid mer normala situationer.

Alla höjdmått som används i tappningsställaren är enligt de fastställda höjdsystem som vattendomen hänvisar till.

### **Tappningsställaren är som följer:**

Vid en fiktiv nivå + 44,7 m eller högre blir tappningen från Vänern så hög som vattendomen tillåter.

Vid ett fiktivt vattenstånd i Vänern mellan + 44,5 m och 44,7 m bestäms den lägsta veckomedeltappningen från Vänern till ett så högt värde som möjligt utan att orsaka spill förbi kraftstationerna i Trollhättan. Maximal tappning i Trollhättan utan spill är ca 870 m<sup>3</sup>/sek. Om tillfälliga begränsningar eller avställningar p g a underhållsarbeten i någon av stationerna i Trollhättan gör att kapaciteten är lägre än det av tappningsställaren beräknade värdet, sänks detta värde till Trollhättans kraftstationers kapacitet utan spill så länge begränsningen varar.

Vid ett fiktivt vattenstånd i Vänern mellan + 44,3 m och 44,5 m bestäms den lägsta veckomedeltappningen från Vänern till ett så högt värde som möjligt utan att orsaka spill förbi någon av kraftstationerna i Vargön, Trollhättan eller Lilla Edet. Maximal tappning utan spill i den lägst utbyggda kraftstationen i Lilla Edet är normalt ca 780 m<sup>3</sup>/sek. Om tillfälliga begränsningar eller avställningar p g a underhållsarbeten i någon av stationerna i Vargön, Trollhättan eller Lilla Edet gör att kapaciteten är lägre

än det av tappningsställaren beräknade värdet, sänks detta värde till den mest begränsande kraftstationens kapacitet så länge begränsningen varar.

Vid ett fiktivt vattenstånd i Vänern mellan + 44,0 m och 44,3 m bestäms den lägsta veckomedeltappningen från Vänern genom linjär interpolation mellan 170 m<sup>3</sup>/sek (normal praktisk mintappningsgräns) vid + 44,0 m och 780 m<sup>3</sup>/sek vid + 44,3 m. Om tillfälliga begränsningar eller avställningar p g a underhållsarbeten i någon av stationerna i Vargön, Trollhättan eller Lilla Edet gör att kapaciteten är lägre än det av tappningsställaren beräknade värdet, sänks detta värde till den mest begränsande kraftstationens kapacitet så länge begränsningen varar.

Vid ett fiktivt vattenstånd i Vänern + 44,0 m eller lägre påverkar inte tappningsställaren tappningen från Vänern.

Om det inte råder några tillfälliga begränsningar i någon av kraftstationerna i Vargön, Trollhättan eller Lilla Edet kan tappningsställaren sammanfattas i följande tabell:

Vänerns fiktiva yta	Lägsta veckomedeltappning i Vargön
Över 44,7 m	Max enligt vattendom
44,5 – 44,7 m	870 m <sup>3</sup> /s
44,3 – 44,5 m	780 m <sup>3</sup> /s
44,0 – 44,3 m	Linjär interpolering mellan 170 m <sup>3</sup> /s och 780 m <sup>3</sup> /s

Observera att verklig tappning i Vargön, se nedan, kommer att bero av bl a tappningsställaren, tillfälliga kapacitetsbegränsningar i kraftstationerna samt vattenhushållningsbestämmelsernas krav.

Om den maximala kapaciteten, utan spill, ändras permanent för stationerna i Trollhättan eller Lilla Edet ska parterna uppta förhandlingar om att justera tappningsställaren.

### **Praktisk hantering**

Om tappningen på grund av oförutsedda omständigheter blir lägre än enligt tappningsställaren kommer detta att kompenseras med högre tappning under efterföljande veckor. Vattenfall kommer löpande att följa upp att Vänerns vattenstånd endast kortvarigt tillåts vara högre än det skulle varit om man följt tappningsställaren.

Varje onsdag får Vattenfall en 8-veckors tillrinningsprognos från SMHI och ett fiktivt vattenstånd beräknas enligt ovan. Varje torsdag fastställs medeltappningen för kommande sju dygn, fredag-torsdag, med utgångspunkt från tappningsställaren, tidigare avvikelser från tappningsställaren, temporära kapacitetsbegränsningar i kraftstationerna samt vattenhushållningsbestämmelsernas krav. Dessutom kan temporära avvikelser förekomma varom parterna är överens, t ex minskad tappning för att förebygga eller förhindra översvämningar i Göta älv.

## Ny Göta älvbro – prövningsprocesserna

# Uppgifter om vattenstånd

## Sammanställning av aktuella vattennivåer

Redovisning av de aktuella vattennivåerna vid ungefär platsen för ny Göta älvbro skiftar i olika källor. Detta är ett försök till sammanställning där endast MW, MHW och HHW redovisas då dessa är mest intressanta. Nivåerna anges i Göteborgs lokala höjdsystem.

Källa	MW	MHW	HHW
SMHI, 2011, för projektet, Kontakt: Bertil Israelsson	9,99	10,98	11,69
Ritning, nuv bro, 1956, (omräknat till 2012)	10,20 (10,12)		
Vattendom farleden, 1974, vid Klippan	10,04		
Gång- och cykelbron, TK Frihamnen	10,10	11,10	11,70
Marieholmstunneln, ansökan 2010, Vägverket	10,20	11,30	12,00
Marieholmstunneln, ansökan 2010, lodning vid Göta älvbron	10,03		
Marieholmsbron, ansökan 2012, Trafikverket	10,20	11,30	12,00
Extrema väder, SBK, Torshamnen, (Klippan)	9,96	11,10	11,47 (11,65)
Dito, planeringsvärden för delen Älvsborgsbron - Marieholmsbron	10,1		11,8
Sammanvägning, Förslag: Kurt Lundberg	10,1	11,2	11,8

## Göteborgs Stad och Trafikverket

Enligt stadskansliets utredningar är vattenståndsskillnaden mellan Torshamnen och Lärjeholm vid lugnt väder cirka 16 cm. Detta ligger bakom stadens planeringsnivåer, där centrala staden har medelvattennivå +10,1 och högsta högvattennivå +11,8. Norr om Marieholmsbron tillämpas +10,2 och +12,0.

## BILAGA 2



UPPDRAG

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars  
kaj

DOKUMENT

PM Hydrologi

BILAGA

Modellering av dämmande effekt från  
tillståndsansökan 2007

UPPDRAGSNUMMER

30054710

**Gångbro över Göta Älv.  
Översiktlig modellberäkning av effekten på  
vattenståndet uppströms bron.**

Jonny Svensson

---

# Innehållsförteckning

	sidan
Sammanfattning	3
Bakgrund	3
Metodik	3
Resultat	4
Bilaga	8

**THALASSOS**  
Computations

Linneavägen 7  
S-437 31 Lindome  
Tel: 031-990818  
Mail: [Jonny.Svensson@hem.utfors.se](mailto:Jonny.Svensson@hem.utfors.se)  
2006-08-28

# Gångbro över Göta Älv. Översiktlig modellberäkning av effekten på vattenståndet uppströms bron.

## Sammanfattning

Beräkning av strömmarna, temperatur och salthalt i Göta Älv har gjorts med en tredimensionell strömningsmodell. Beräkningsnätet omfattar ett område som sträcker sig från Operan till något väster om Stenpiren. Beräkningarna visar att strömsituationen i detta älvavsnitt kräver en ytterst liten vattenståndslutning från Operan mot Stenpiren. Vid Frihamnpiren, ca 150 m uppströms bron, uppgår den maximala dämningen till ca 1 mm.

## Bakgrund

Tyréns önskar utreda om den planerade gångbron mellan Packhuskajen och Lundbykajen har någon inverkan på vattenståndet uppströms bron. En liten dämning av vattenståndet kan orsaka ökad risk för översvämning i älvdalen samt mindre fallhöjd för kraftverket i Lilla Edet.

## Metodik

Strömmen i Göteborgs hamn drivs huvudsakligen av vattentransporten i Göta Älv. I älvens djupfåra tränger saltvatten upp från väster och bildar ett några meter tjockt djupvatten som strömmar långsamt inåt i älven. Saltvattenkilen når oftast förbi Frihamnen. Vid mycket kraftig vattenföring i älven och hård västlig vind kan saltvattenkilen pressas utåt.

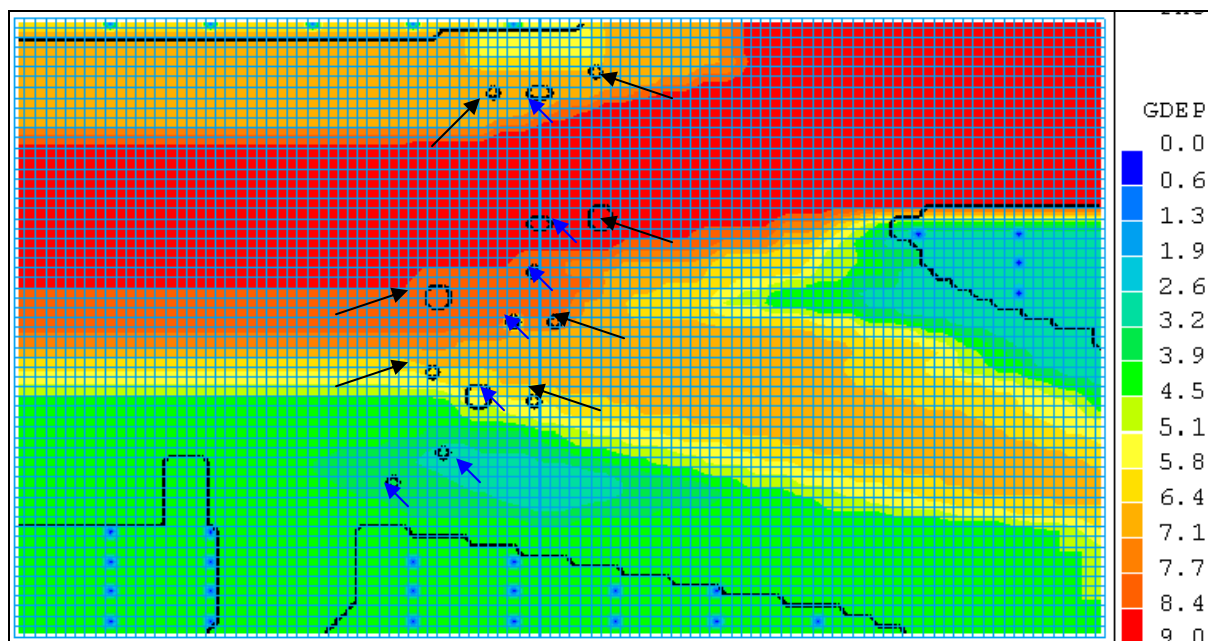
Som utgångspunkt för studiet av vattenståndet i älven tas en situation med relativt stor vattenföring, omkring 180 m<sup>3</sup>/s. Modellen har jämförts med mätningar av ström och salthalt för denna situation. Se bilaga.

### *Den numeriska modellen, teknisk beskrivning*

Beräkning av strömmarna, temperatur och salthalt har gjorts med den tredimensionella strömningsmodellen Phoenix. Underlag till Phoenix-beräkningarna är ett beräkningsnät bestående av ett stort antal delvolym (gridceller) som dels beskriver geometrin för det aktuella området, dels bestämmer noggrannheten i horisontal- och vertikalled. Beskrivningen i tiden bestäms av storleken på det steg med vilket modellen under beräkningens gång avancerar framåt i tiden. I denna modell över Göteborgs hamn används tidssteget 15 sekunder. Vid varje tidssteg och i varje delvolym beräknas strömhastigheten till storlek och riktning.

Beräkningsnätet omfattar ett område som sträcker sig från Operan i öster till ca 100 m väster om Stenpiren. Modellens beräkningsnät i horisontell led är 108x62 kvadratiske celler, som var och en har sidan 6 meter. I vertikal led finns 37 stycken beräkningsceller, som har varierande tjocklek. I ytan och vid botten är cellerna överallt 0.125 m tjocka. Då djupet är 9 m är de 35 mittersta cellerna 0.25 m tjocka. Djupdata till modellen har hämtats från detaljerade ekolodningar.

Beräkningsnätet visas i figur 1. Nätet innehåller också stängda rutor, där det är land eller där bropelare och fundament för påseglingsskydd är placerade. Påseglingsskyddens utformning har hämtats från en ritning betecknad ledverk4\_plan, daterad 060517.



**Figur 1** Beräkningsnätet samt modellens djupinformation. Skalan anger djupet i meter. Strandlinjen har markerats med svart linje. Bropelare och fundament för påseglinsskydd är markerade med blå pil resp. svart pil.

Simuleringarna har utförts under byggtiden, vilket är att betrakta som ett "worst-case" utifrån ett dämmningsperspektiv, med antagandet att alla tillfälliga konstruktioner som spontlådor/kasuner och andra dämmande konstruktioner utförs samtidigt.

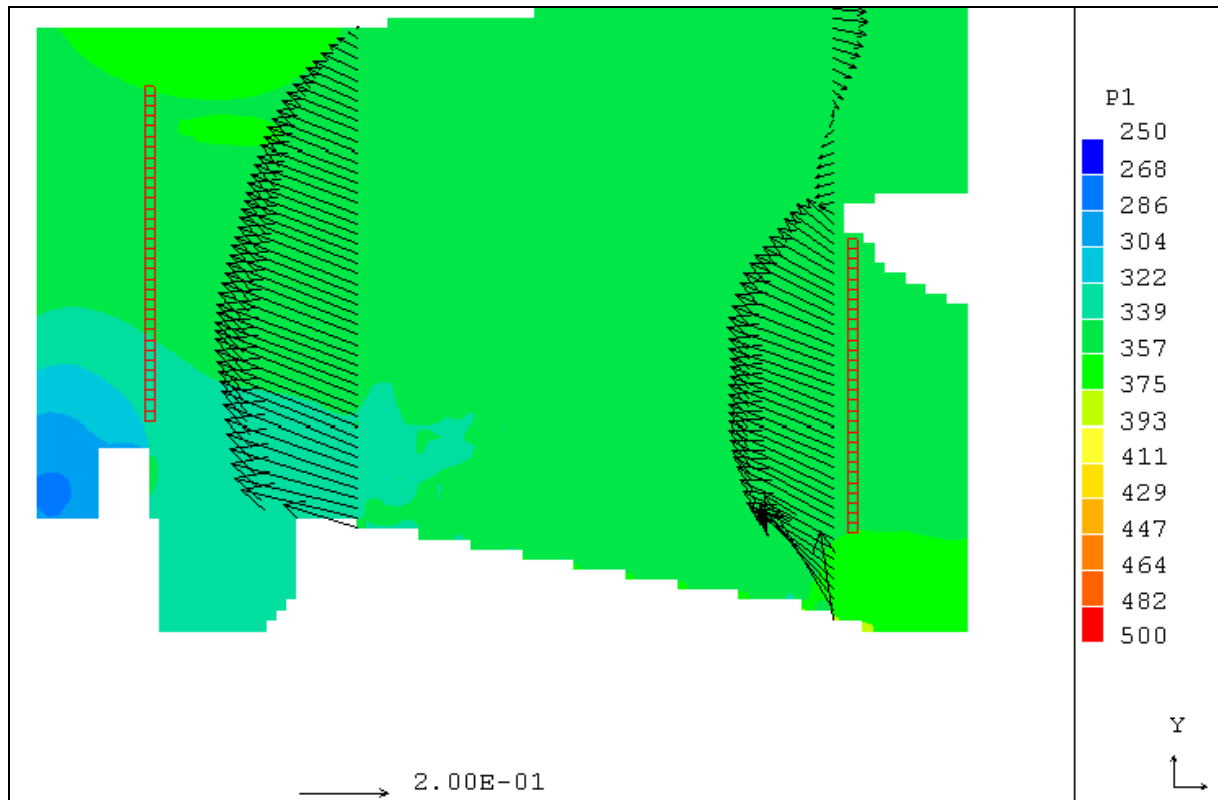
De tillfälliga konstruktionerna (spontlådor/ kasuner och gjutformar) har representerats i modellen som fyrkantiga block med bredden 12 m respektive 6 m vilket ungefär överensstämmer med måtten på ritningarna.

I driftsfas, då alla tillfälliga konstruktioner tagits bort, kommer dämningen att vara mindre jämfört med utförd simulering. Pelare och fundament är cirkulärt formade eller utgörs av en tät mängd pålar och denna utformning utgör ett mindre hinder för genomströmning.

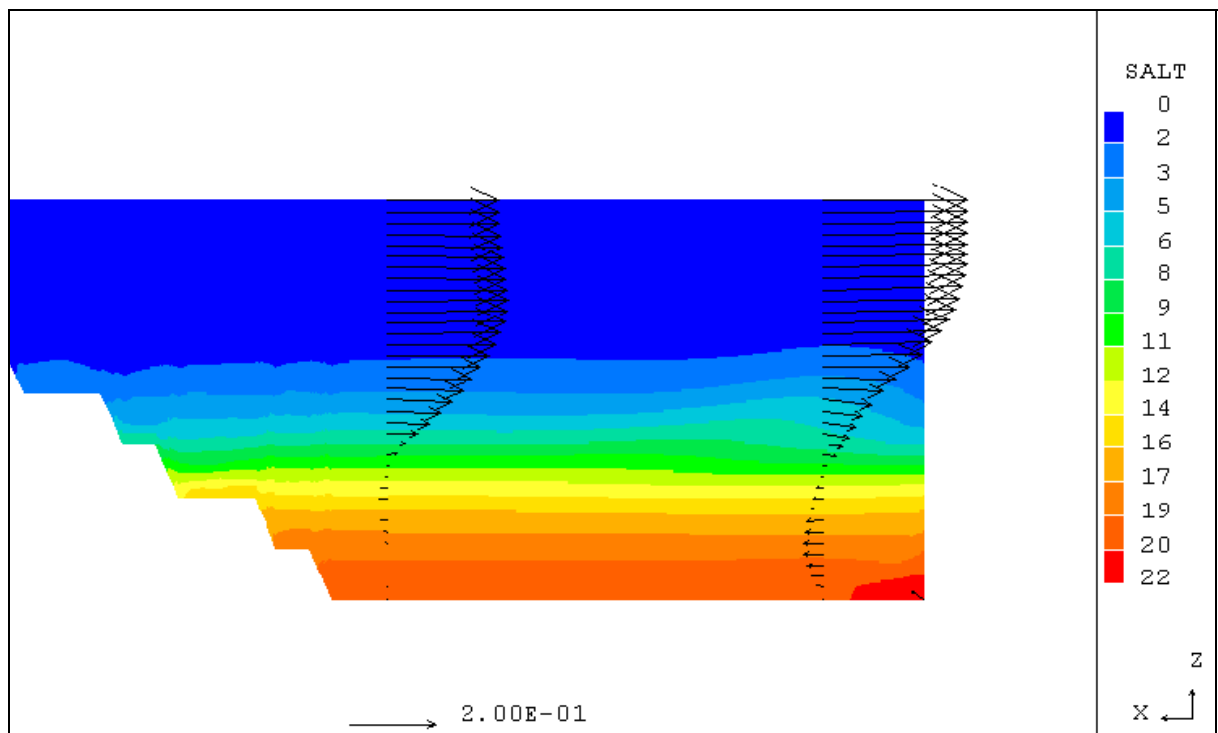
## Resultat

För att driva strömmen genom en sektion i en flod krävs en vattenståndsskillnad, vilken skapar en tryckkraft som balanserar friktionen mot botten. Snabb ström och stor friktion kräver en kraftig vattenståndsskillnad.

I den sektion av Göta älv där gångbron skall placeras är tvärsnittsarean stor i jämförelse med t.ex. tvärsnittet utanför Operan. Strömmen är därför svagare än utanför Operan. I gångbrons tvärsnitt finns saltvatten på djup 5-6 m och ner till botten vilket minskar tvärsnittsytan som är tillgänglig för utströmmande vatten. Friktionen mot saltvattenlagret är extremt låg varför ingen större vattenståndsskillnad krävs för att övervinna friktionen i detta snitt. Figur 2 och 3 visar en strömningsbild samt ett längdsnitt i älven utan bropelare eller fundament för påseglingsskydd. Färgskalan i figur 2 ger den beräknade tryckskillnaden i älvsektionen där 375 betyder omkring 3.75 cm över en vald 0-nivå. Vattenståndsdifferansen mellan det östra tvärsnittet (Frihamnspiren), markerat med röd färg i figur 2, och det västra snittet (Stenpiren) är omöjlig att avgöra från figuren. Utskrift från datorn säger att vattenståndsskillnaden mellan de två snitten är 0.05 cm, en halv millimeter!

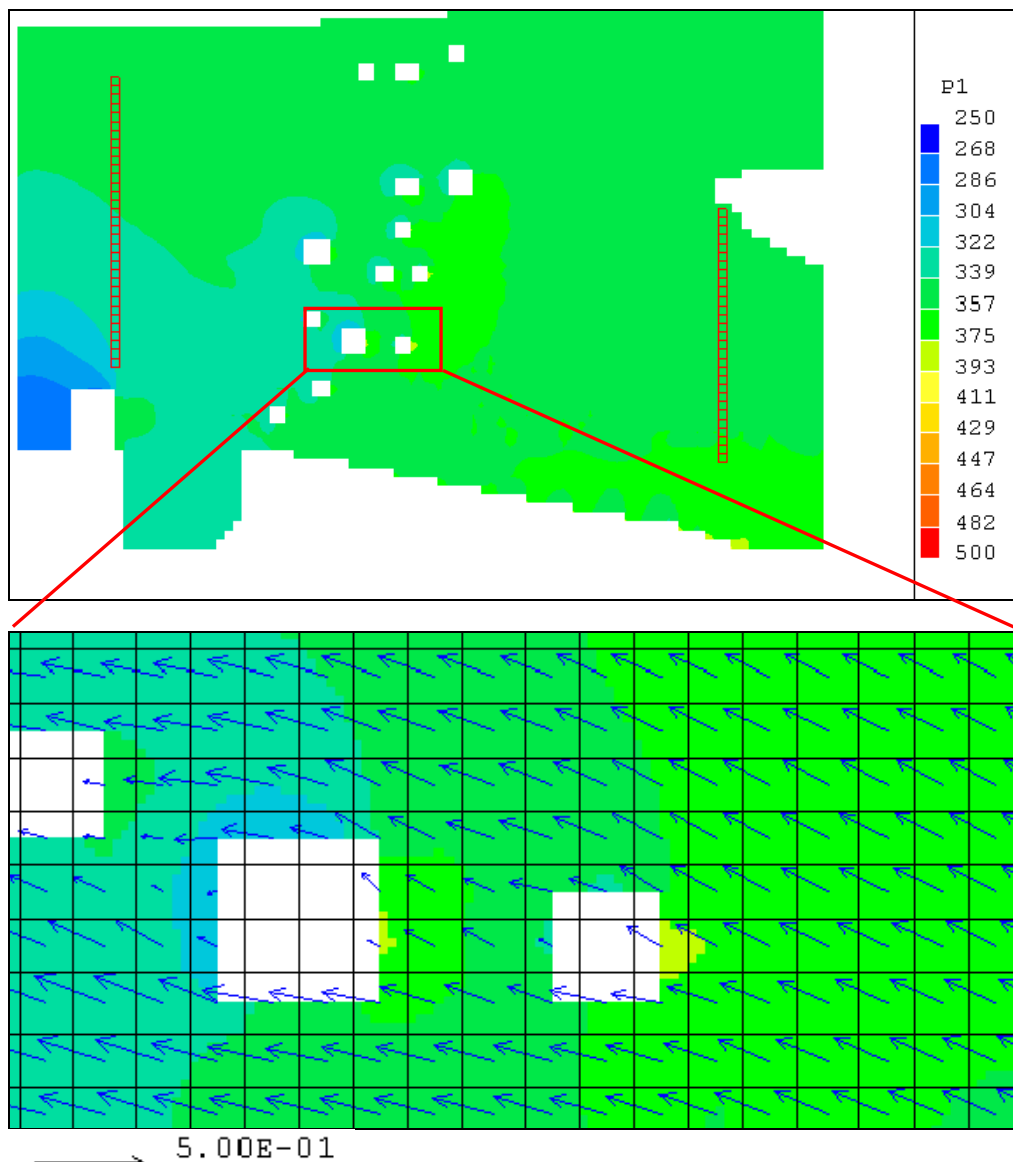


**Figur 2** . Exempel på strömmar i vattenytan. Skalpilens längd motsvarar 0.2 m/s. Figuren visar också det beräknade trycket samt de två tvärsnittslinjer där medeltryck beräknas.



**Figur 3** Längdsnitt i älven. Till vänster ligger Frihamnspiren där djupet avtar från 9 m till 4 m. Färgskalan speglar salthalten. Salt vatten strömmar in från havet under det söta älvvattnet

När bropelare och fundament för påseglingsskydd läggs in i modellen kommer vattnet att tvingas igenom det minskade tvärsnittet med en högre hastighet. Friktionen blir högre och den drivande vattenståndsskillnaden blir högre. Vattenståndet utanför Operan bör bli högre i förhållande till havet så att vatten med den högre hastigheten kan drivas fram. Älven har också ett annat alternativ. Salthaltsskiktet kan sjunka något så att det för utströmning tillgängliga tvärsnittet blir nästan detsamma som utan bron. Strömhastigheten behöver då inte öka så mycket, friktionen ökar inte mycket och vattenståndsskillnaden mellan Operan och havet kan bli liten. Figur 4 och 5 visar tryckskillnader vid ytan för fallet med en gångbro. Trycket byggs upp något framför bron och avtar något efter bron jämfört med referensfallet i figur 2.



**Figur 4 (övre).** Tryckfältet vid ytan då bron med påseglingsskydd lagts in i modellen.

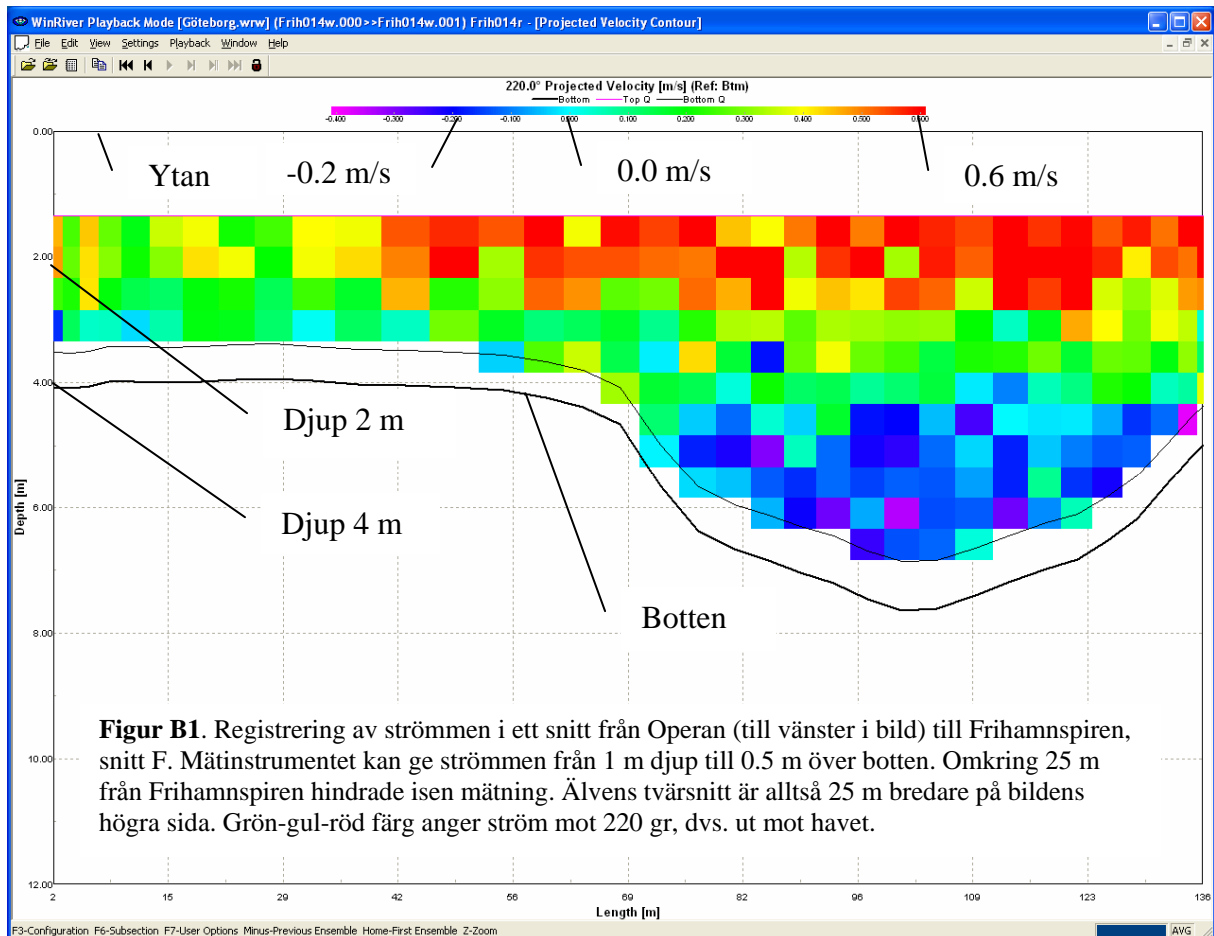
**Figur 5 (undre).** En närbild av trycket och strömmarna intill brofundamentet för enkelklaffbron samt de två fundamenten för påseglingsskydd. Strömmar på 1 m djup.

Modellsimuleringen visar att tryckdifferansen mellan de två linjerna i figur 4 motsvarar en vattenståndsdifferans på 0.16 cm. Differansen i referensfallet var 0.05 cm. Bron har alltså orsakat en dämning på ungefär 1 millimeter.

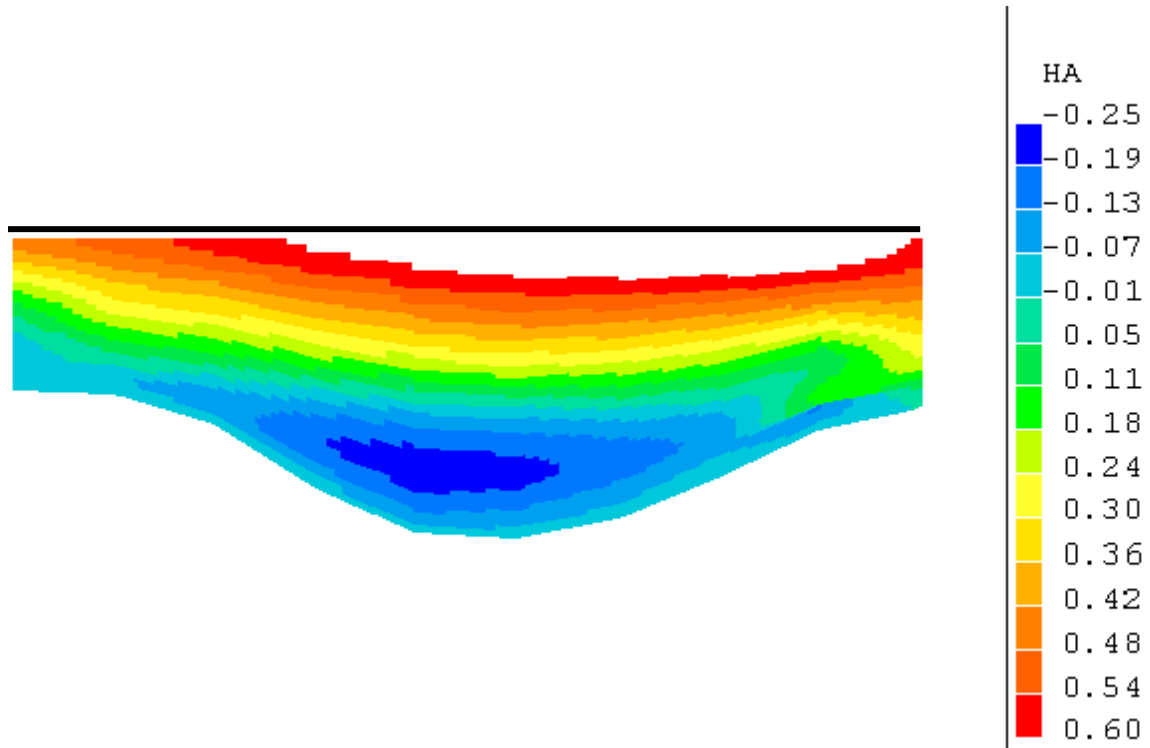
## Bilaga: Jämförelser mellan mätningar och simuleringar.

Vattenrörelserna, strömmarna i Göteborgs hamn från Götaälvbron till och med Götaverkens flytdockor har simulerats i den numeriska datormodellen Phoenix. Strömmen i ett flertal tvärsnitt har också registrerats med mätinstrumentet acoustic doppler current profiler ADCP. Ur dessa mätningar kan man se hur strömmen fördelade sig mellan ytan-botten, mellan södra stranden-norra stranden. Mätningarna utfördes under en dag med vind från en östlig riktning 9-10 m/s. Mätningarna visar att strömmen i ytvattnet går utåt med hastigheten en knop i den inre trånga delen av älven, öster om Frihamnen. Vid Götaverkens flytdockor har ytströmmens hastighet minskat något eftersom älvens bredd ökat. Strömmen drivs av sötvattenutflödet i älven men delvis också av den östliga vinden. Salthalt och temperatur har mätts på ett flertal punkter. Isförhållandena var sådana att inga mätningar kunde utföras i hamnen norr om en linje Frihamnspiren-Cityvarvet.

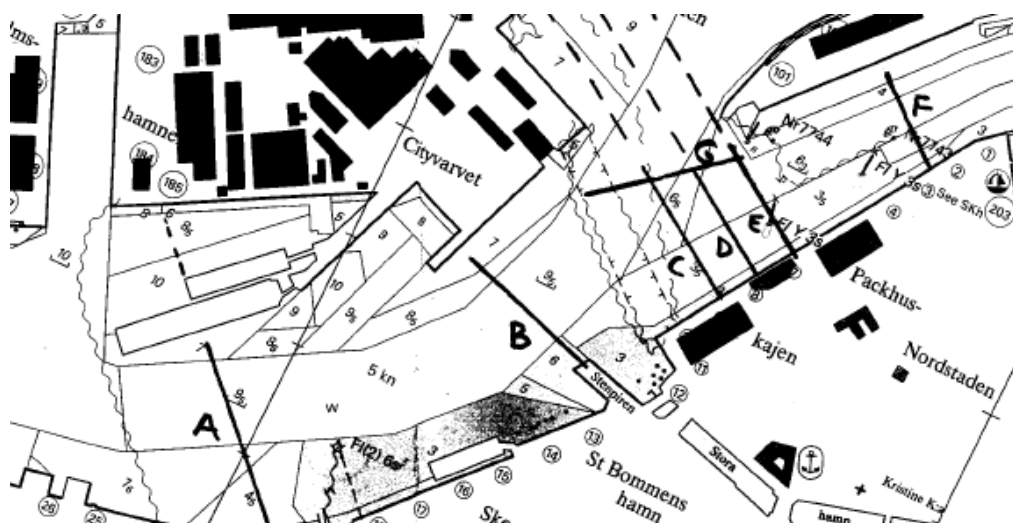
Den kraftiga utströmmen dominerar endast ner till drygt 2 m djup. Under 4 m djup härskar en motsatt riktad ström som för in saltvatten från havet ända upp till Götaälvbron (och möjligen ännu längre). Strömhastigheten inåt är 0.2-0.3 m/s och drivs av att saltvattnet i älvmyningen är tyngre än sötvattnet på samma nivå inne i älvfåran. Denna returströmm bromsas av friktionen. Salthalten i älven utanför Operan var mätdagen ungefär 1 psu i det utströmmande ytvattnet och 15 till 20 psu från 4 meter ner till botten. Vattentransporten uppmättes till 178 m<sup>3</sup>/s



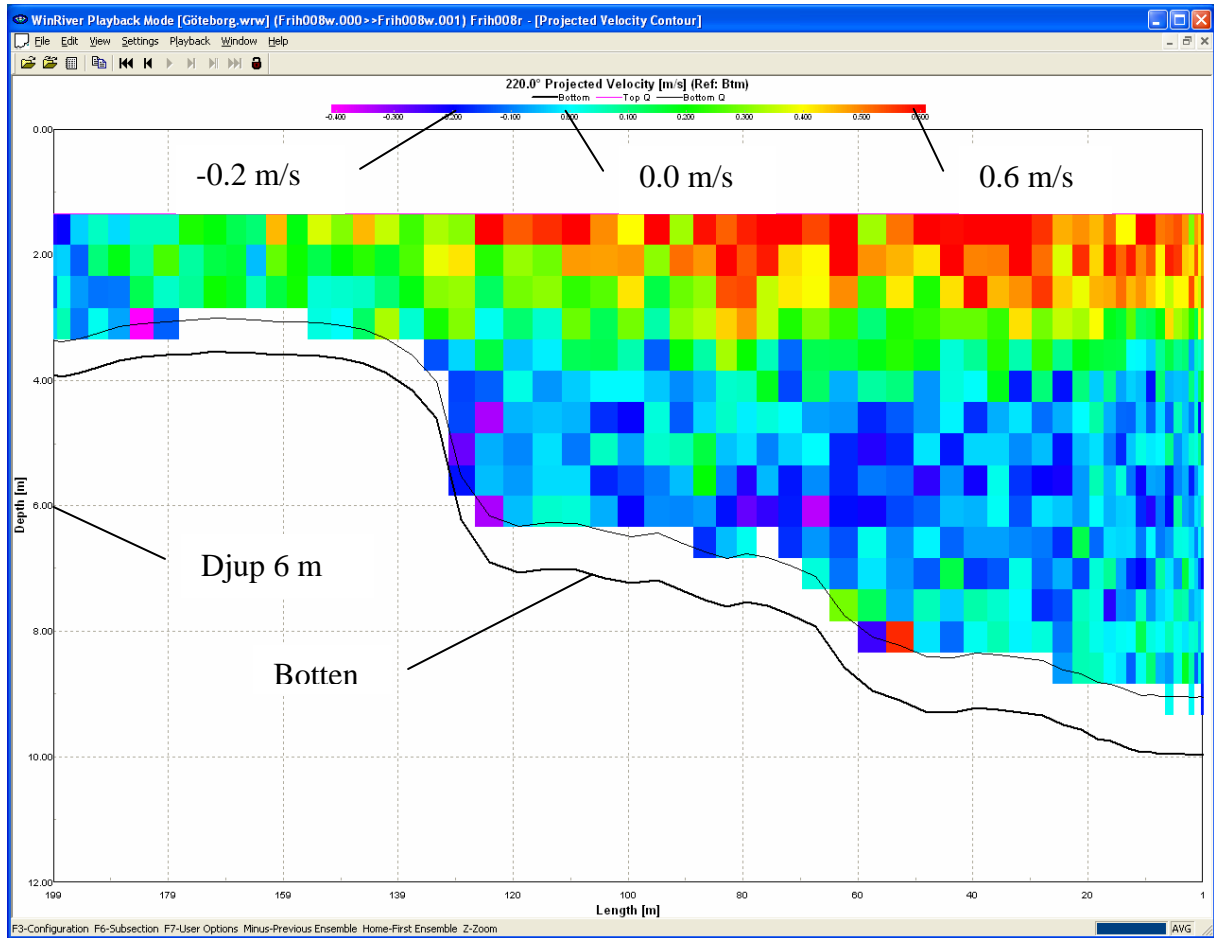
Simuleringar i beräkningsmodellen har utförts med den vattentransport ( $180 \text{ m}^3/\text{s}$ ), den vind och salthaltsskiktning som rådde under mät dagen. Modellen styrs med älvflödet i modellens innersta gräns (Götaälvbron) och vindfriktion på vattenytan. Modellen styrs också av uppmätt salthalt i modellens yttersta gräns (utanför Götaverkens torrdoccor). Modellens beräknade strömmar och salthalter överensstämmer väl med mätdata inne i modellområdet, se figur B1 till B5.



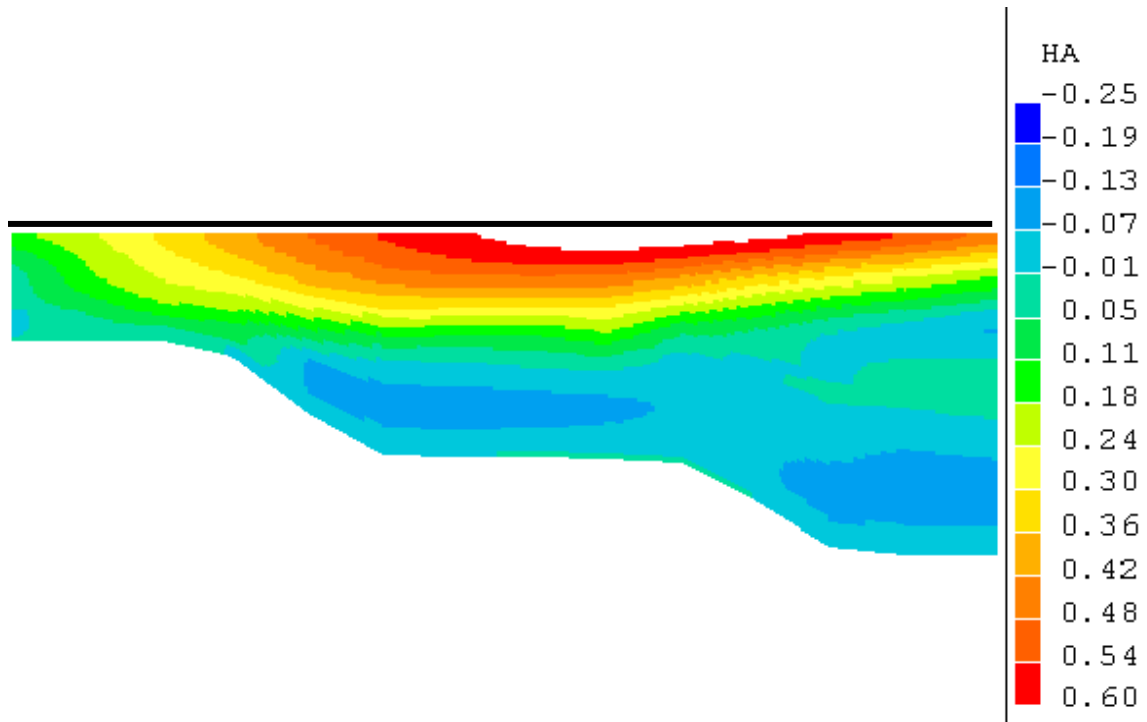
**Figur B2.** Beräknad ström i snitt från Operan till höger i bild till Frihamnspiren, snitt F. Vinden är ostlig 9 m/s. Röd färg betecknar ström på 0.6 m/s (drygt 1 knop) utåt havet. Modellen beräknar strömmen hela vägen upp till ytan, det svarta strecket, men för att likna figur 1 har strömmarna större än 0.6 m/s utslutits i denna figur. Den starkaste strömmen uppe vid ytan är enligt beräkningen 0.7 m/s. Blå färg betecknar ström på 0.25 m/s inåt. Grön-gul-röd färg anger ström mot 220 gr, dvs. ut mot havet.



**Figur B3.** Strömmen mättes i snitt A-G.



Figur B4. Uppmätt ström i tvärsnitt C.



Figur B5. Beräknad ström i tvärsnitt C.

## BILAGA 3



UPPDRAG

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars  
kaj

DOKUMENT

PM Hydrologi

BILAGA

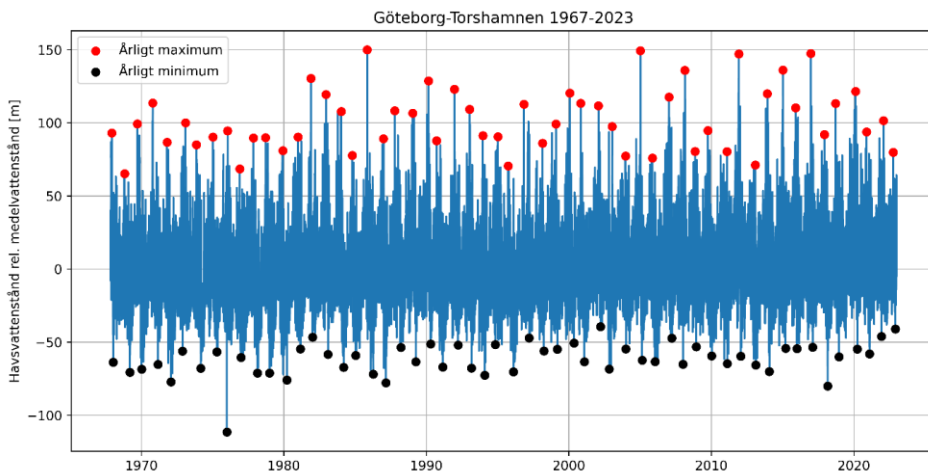
Dataunderlag beräkning av karaktäristiska  
havsvattenstånd

UPPDRAGSNUMMER

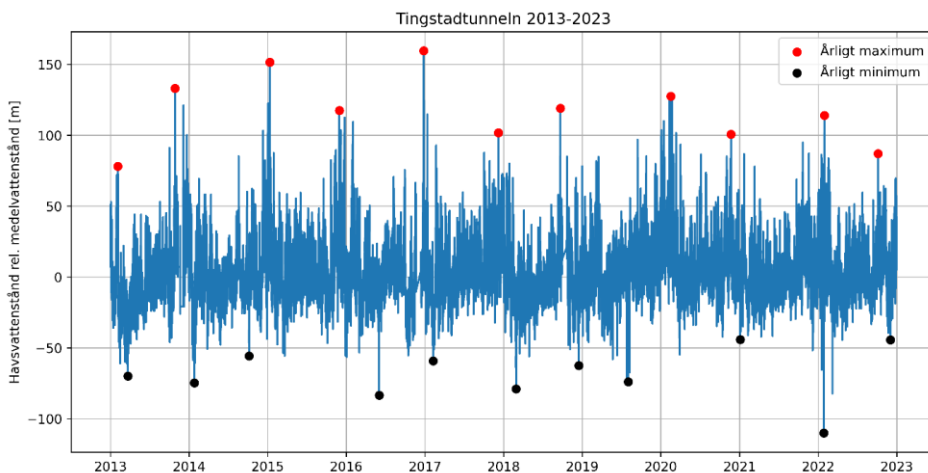
30054710

## Dataunderlag beräkning av karaktäristiska havsvattenstånd

Upprättad av: Gustav Edlund  
 Uppdragsnummer: 30054710-058  
 Uppdrag: GFS GCB - URK 24 Utredningskede 2  
 Kund: Göteborgs kommun  
 Uppdragsledare: Javad Homayoun



Figur 1. Observerat havsvattenstånd från SMHI:s vattenståndsmätare vid Göteborg-Torshamnen (relativt medelvattenstånd). Röda och svarta prickar markerar de årshögsta respektive årlägst noteringar som använts för att räkna fram karaktäristiska nivåer.



Figur 2. Observerat havsvattenstånd från SMHI:s vattenståndsmätare vid Tingstadunneln (relativt medelvattenstånd). Röda och svarta prickar markerar de årshögsta respektive årlägst noteringar som använts för att räkna fram karaktäristiska nivåer.

# BILAGA 4



UPPDRAG

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars  
kaj

DOKUMENT

PM Hydrologi

BILAGA

Extremvattenstånd i Göteborg

UPPDRAGSNUMMER

30054710

# EXTREMVATTENSTÅND I GÖTEBORG

**TITEL**

Extremvattenstånd i Göteborg

**FÖRFATTARE**

Lasse Johansson, SMHI

**UPPDRAGSGIVARE**

MSB

651 81 KARLSTAD

**KONTAKTPERSON**

Anna Jansson

MSB

651 81 KARLSTAD

E-post [anna.jansson@msb.se](mailto:anna.jansson@msb.se)

**PROJEKTANSVARIG**

Lasse Johansson

Telefon 031-751 89 92

E-post [lasse.johansson@smhi.se](mailto:lasse.johansson@smhi.se)

**DIARIENUMMER**

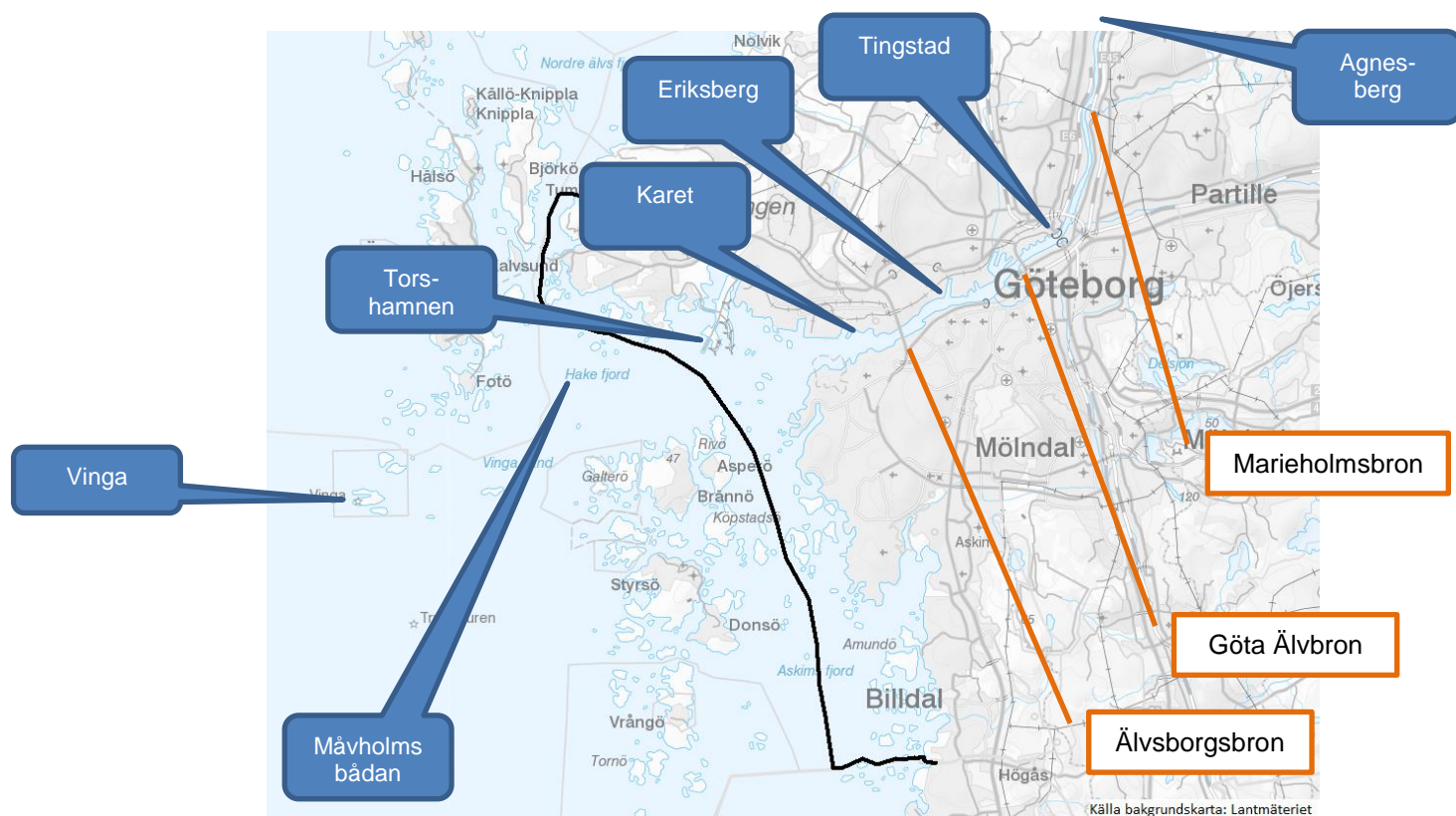
2018/955/9.5

---

Version	Datum		Utfört av
01	2018-11-15	Granskad	Signild Nerheim, SMHI
02	2018-12-07	MSB återkoppling	Lasse Johansson, SMHI
03	2020-06-24	Korrigerat till korrekt konfidensintervall tabell 3 & 4	Gustav Edlund, SMHI

# 1 Bakgrund

MSB har givit SMHI i uppdrag att skatta höga vattenstånd för ett antal platser i Götaland samt Haparanda och Stockholm. Skattningarna ska modernisera och höja noggrannheten i de nivåer som användes i översynen av områden med betydande översvämningsrisk inom förordningen om översvämningsrisker (SFS 2009:956) och som beskrivs i MSB1152-januari 2018. RCP 8,5 ska användas för 100-, 200-års återkomstvärden och extremnivå. Landhöjningen ska inkluderas. Nivåerna ska anges i RH2000.



Figur 1. MSB:s område i Göteborg. Gränserna mellan områden med olika skattade återkomstvärden visas i brunt. Mätlokaler i blått.(Agnesberg utanför bilden.)

## 2 Resultat

De beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning för områdena i Figur 1 är:

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
<b>skattat värde år 2100</b>	213	220	263
<b>konfidensintervall 95 %</b>	161 till 266	164 till 277	-

*Tabell 1. Göteborg utanför älvmyningen. Återkomstvärden i centimeter i RH2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd. Landhöjningen ingår. Konfidensintervallet innehåller det riktiga värdet med sannolikheten 95 %. Högsta beräknade vattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram i SMHI:s havsnivåprojekt.*

För områdena i Göta Älv ges endast återkomstvärden; högsta beräknade vattenstånd kan inte anges på grund av för kort observationstid (sedan 2013).

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
<b>skattat värde år 2100</b>	243	250	-
<b>konfidensintervall 95 %</b>	188 till 299	191 till 310	-

*Tabell 2. Som Tabell 1 för Älvsborgsbron-Göta Älvbron.*

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
<b>skattat värde år 2100</b>	247	254	-
<b>konfidensintervall 95 %</b>	192 till 303	195 till 314	-

*Tabell 3. Som Tabell 1 för Göta Älvbron-Marieholm.*

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
<b>skattat värde år 2100</b>	255	262	-
<b>konfidensintervall 95 %</b>	200 till 311	203 till 322	-

*Tabell 4. Som Tabell 1 för Marieholm-Agnesberg.*

Resultatet är skattade återkomstvärden för återkomstperioderna 100 och 200 år med tillhörande konfidensintervall gällande år 2100. Osäkerheten i det skattade värdet uttrycks med ett 95-procentigt konfidensintervall. Detta ska tolkas så att konfidensintervallet med sannolikheten 95 procent innehåller det riktiga värdet. Det skattade värdet och konfidensintervallet måste justeras i takt med ny kunskap, nya observationer och hur utsläppet av växthusgaser utvecklas.

Skattningen av medelvattenståndet 2100 och osäkerheterna förknippade med detta baseras på FN:s klimatpanels femte rapport, AR5. Det scenario som MSB specificerat, RCP 8,5, har använts.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 i Tabell 1 är:

	100 år	200 år	
<b>återkomstvärde i medelvattenstånd</b>	164	171	Avsnitt 3.2.3.1
<b>medelvattenstånd i RH2000 år 1995</b>	7	7	SMHI Klimatologi 41, 2017
<b>global höjning, 1995-2100</b>	74	74	Church m.fl. 2013
<b>landhöjning, 1995-2100</b>	-32	-32	SMHI Klimatologi 41, 2017
<b>TOTAL</b>	213	220	<i>RH2000</i>

Tabell 5. Göteborg utanför älvmyrningen. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100. TOTAL är värdena i Tabell 1.

Den totala osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 1 är beräknade, består av tre komponenter enligt följande tabell:

osäkerhetskälla	100 år	200 år
<b>klimatprognos</b>	23	23
<b>extremvärdesberäkning</b>	13	17
<b>mätning</b>	3	3
<b>kombinerad osäkerhet</b>	27	29

Tabell 6. Göteborg utanför älvmyrningen. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelse i vattenstånd.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 i Tabell 2-Tabell 4 är:

	Älvsborgsbron -Göta Älvbron		Göta-Älvbron- Marieholm		Marieholm- Agnesberg		
	100 år	200 år	100 år	200 år	100 år	200 år	
<b>återkomstvärde i medelvattenstånd</b>	164	171	164	171	164	171	Avsnitt 3.2.3.2
<b>medelvattenstånd i RH2000 år 1995</b>	7	7	7	7	7	7	SMHI Klimatologi 41, 2017
<b>global höjning, 1995-2100</b>	74	74	74	74	74	74	Church m.fl. 2013
<b>landhöjning, 1995-2100</b>	-32	-32	-32	-32	-32	-32	SMHI Klimatologi 41, 2017
<b>seiche</b>	30	30	30	30	30	30	avsnitt 3.2.2
<b>älvytans medelhöjning uppströms</b>	0	0	4	4	12	12	avsnitt 3.2.1
<b>TOTAL</b>	243	250	247	254	255	262	RH2000

Tabell 7. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100. TOTAL är värdena i Tabell 2-Tabell 4.

Den totala osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 2-Tabell 4 är beräknade, består av tre komponenter enligt följande tabell:

osäkerhetskälla	100 år	200 år
<b>klimatprognos</b>	23	23
<b>extremvärdesberäkning</b>	13	17
<b>mätning</b>	10	10
<b>kombinerad osäkerhet</b>	28	30

Tabell 8. Områdena längs älven. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelse i vattenstånd.

Posterna i beräkningen av "Beräknat högsta havsvattenstånd" i Tabell 1 är:

---

<b>högsta nettohöjning Torshamnen</b>	141	SMHI Klimatologi 45, 2017
<b>högsta vattenstånd före storm i Kattegatt</b>	49	SMHI Klimatologi 45, 2017
<b>medelvattenstånd i RH2000 år 1995</b>	7	SMHI Klimatologi 45, 2017
<b>global höjning, 1995-2100 (övre percentil)</b>	98	Church m.fl. 2013
<b>landhöjning, 1995-2100</b>	-32	SMHI Klimatologi 45, 2017
<b>TOTAL</b>	263	<i>RH2000</i>

---

*Tabell 9. Göteborg utanför älvmyningen. Posterna i beräkningen av "beräknat högsta havsvattenstånd". TOTAL är värdet i Tabell 1.*

### 3 Metod

Resultaten bygger på antagandet att fördelningen av extrema vattenstånd är stationär, det vill säga densamma i framtiden som idag. Det är liktydigt med att anta att vädret, i synnerhet ovädren, kommer att ha samma statistiska egenskaper som idag. Stormarna antas ha samma styrkor, banor, utveckling m.m. som nu. Det är förenligt med klimatscenerierna, vilka för vårt land inte förutsäger ett signifikant annorlunda ovädsklimat än nu.

Resultatet fås genom att de väderorsakade högvattnen överlagras det förändrade globala medelvattenståndet, justerat för landhöjningen på lokalen.

#### 3.1 Det globala medelvattenståndet år 2100

För detta uppdrag ska FN:s klimatpanels scenario RCP 8,5 för år 2100 användas. Scenariot är behäftat med en osäkerhet som diskuteras utförligt i Church m.fl. 2013. I kapitel 13, s. 1140:

*”För RCP 8,5 är den troliga ökningen till 2100 av det globala medelvattenståndet 0,52 till 0,98 m [jämfört med perioden 1986-2005] med en takt av 8–16 mm/år under perioden 2081-2100”.*

I samma kapitel, s. 1139 fotnot 2: *”Ett troligt intervall är det i vilket värdet ligger med en sannolikhet på 66-100 %.”*

Vårt uppdrag är att leverera användbara uppgifter till MSB, närmare bestämt konkreta värden på extremvattenståndet år 2100. För att åstadkomma detta gör vi på följande sätt:

- Vi antar att medelvattenståndet 2100, kallat X, är en stokastisk variabel.
- Vi väljer den lägre sannolikheten i klimatpanelens trolighetsdefinition: 66 %.
- X är alltså en normalfördelad stokastisk variabel vilken med sannolikheten 66 % ligger i intervallet 52-98 cm vilket betyder att den har standardavvikelsen  $\sigma = 23$  cm.
- X har väntevärdet 74 cm, vilket är mittenvärdet i tabell 13.5 s. 1182 i Church m.fl. 2013.
- Standardavvikelsen ska användas som mått på osäkerheten i 2100 års medelvattenstånd. Den ska kombineras med övriga osäkerheter till en total osäkerhet i återkomstvärdena för återkomstperioderna 100 och 200 år.
- Värdet  $\sigma = 23$  cm är en av de tolkningar som klimatpanelens uppgifter tillåter. Det är en försiktig tolkning. Det är inte den enda tolkningen.

Skattningarna av förväntat värde och osäkerheterna bygger på de uppgifter FN ger nu, 2018, och som SMHI ansluter sig till.

Kunskapsutvecklingen inom detta område är snabb. Allt fler observationer blir tillgängliga och används och mycket annat arbete på att förbättra skattningarna utförs. Den politiska utvecklingen i världen gör att en del tidigare scenarier blir mindre troliga, andra mer troliga. Möjligen måste helt nya scenarier tas fram för att motsvara de utsläpp av växthusgaser som verkligen sker. FN:s klimatpanels nästa skattning av klimatförändringar väntas hösten 2019. Vi förväntar att nya, förbättrade skattningar då kommer att föras fram. Värdena i denna rapport kan då behöva revideras.

## 3.2 Återkomstvärden

### 3.2.1 Göteborgsområdets högvatten

Området importerar tidvatten och andra vattenståndshändelser från Kattegatt. Vattenståndshändelser utanför älvmyningen kommer att fortplanta sig uppströms i älven ända till Lilla Edet, där slussarna och kraftstationen hindrar dem.

Göta Älvs yta sluttar sakta ut mot havet. Lutningen ökar med vattenföringen. Vid Agnesberg ligger ytan i genomsnitt tolv och vid Tingstad fyra centimeter högre än i havet. Medelvattenytan vid Eriksberg ligger på praktiskt taget samma nivå som vid Torshammen.

Vattenföringen i Göta Älv har försumbar påverkan på vattenståndet bortom älvmyningen.

Göteborgs skärgård fungerar som en resonanslåda för en stående våg, en så kallad seiche. Seichen beskrivs närmare i kapitel 3.2.2, och har en periodtid på ungefär 80 minuter.

Sammanfattningsvis finns fyra fenomen som påverkar högvattenhöjden i Göteborgsområdet:

- importerat högvatten från Kattegatt, amplitud runt 100 cm,
- tidvatten med amplitud runt 10 cm,
- en seiche med amplituden upp till 30 cm samt,
- i Göta Älv, vattenytans lutning orsakad av älvens vattenföring, runt 10 cm.

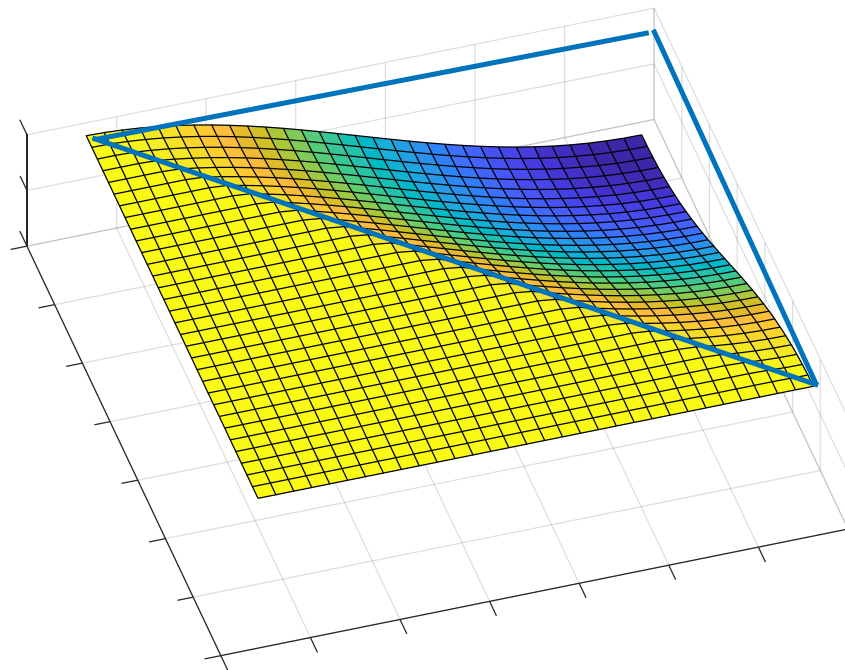
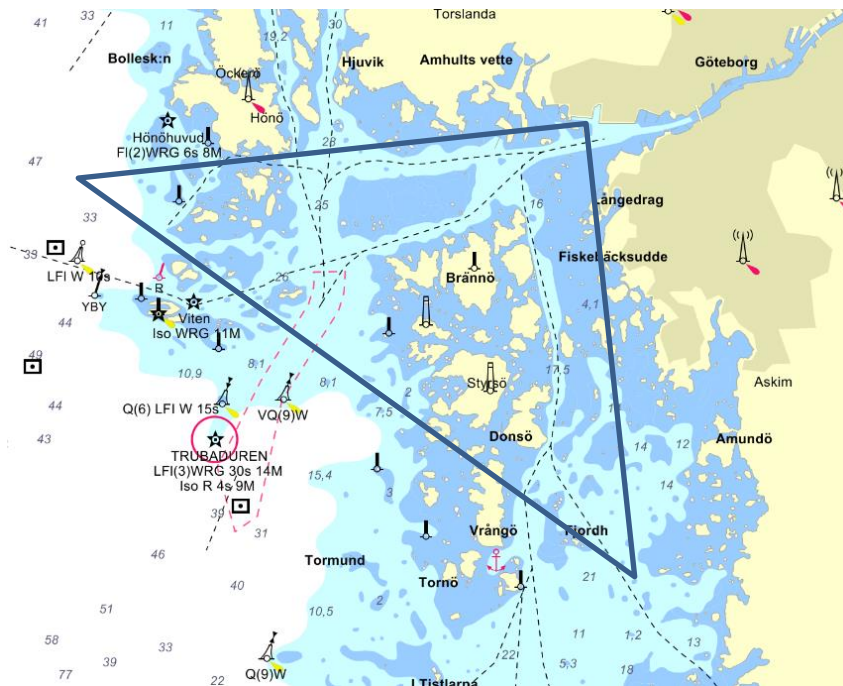
### 3.2.2 Seichen

Göteborgs skärgård fungerar som nämndes tidigare som en resonanslåda för en stående våg, en så kallad seiche.

Seichens grundton, den längsta möjliga våglängden, kan skattas genom att approximera Göteborgs skärgård med en liksidig triangel med en buk vid Älvmyningen och en nodlinje ut mot Kattegatt, så som antyds i Figur 2. Med skattningar av avstånd och djup i området får vi fram en periodtid på ungefär 80 minuter, vilket stämmer med den observerade.

Seichen har sin maximala amplitud, sin buk, vid Göta Älvmyningen, medan den har sin nod i ytterskärgården. Längs nodlinjen är amplituden försvinnande liten. Att seichen är en stående våg betyder att den är kvar i sitt område under ett antal seicheperioder (80-minutersperioder) utan att lämna det. Den kommer emellertid att avge vågor som utbreder sig uppströms i Göta Älv. Dessa har en betydande amplitud och därmed påverkan på vattenståndet, vilket vi ska se ett exempel på nedan.

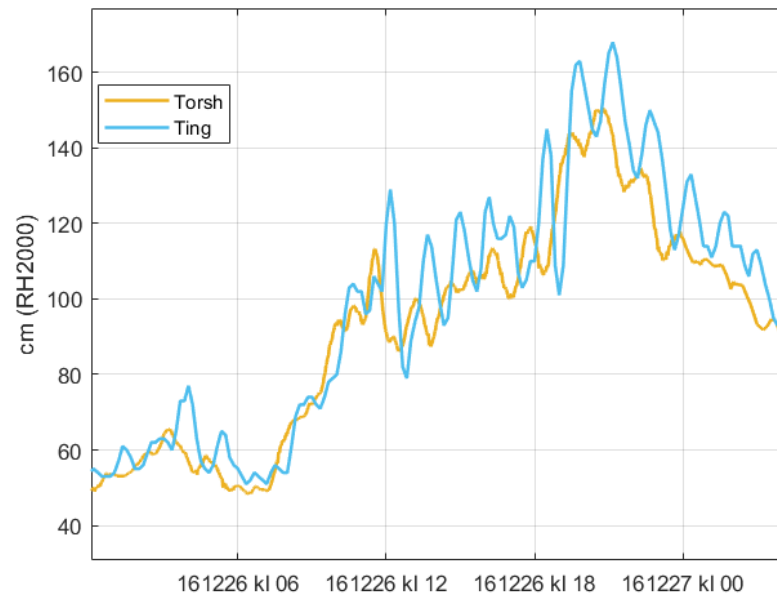
I en serie med timvisa observationer kan man inte se en seiche med en periodtid på 80 minuter. Göteborgs Stad har sedan några år mätningar i Göta Älv med hög frekvens, var 10:e minut eller oftare, och seichens amplitud är betydande i älven. Det är därför tack vare sistnämnda mätningar som seichens existens och betydelse blivit känd. SMHI har sedan 2003 haft högre obsfrekvens än timvis vid Torshammen, men där är seichens amplitud så liten att den knappt står fram ur brusets av andra vattenståndshändelser – om man inte vet vad man söker efter.



Figur 2. Göteborgs skärgård ser schematiskt ut som en havsvik med rät vinkel mellan Hisingskusten i norr och kusten från Långedrag och söderut, så som antyds av triangeln. Under visas en stående våg som fyller det triangelformade området. Den har en buk (maximal amplitud, blå) vid Göta Älvs mynning i triangelns räta vinkel och en nod (ingen amplitud, gul) längs motstående sida ute i Kattegatt. I buken höjs, sänks och höjs ytan igen med perioden 80 minuter.

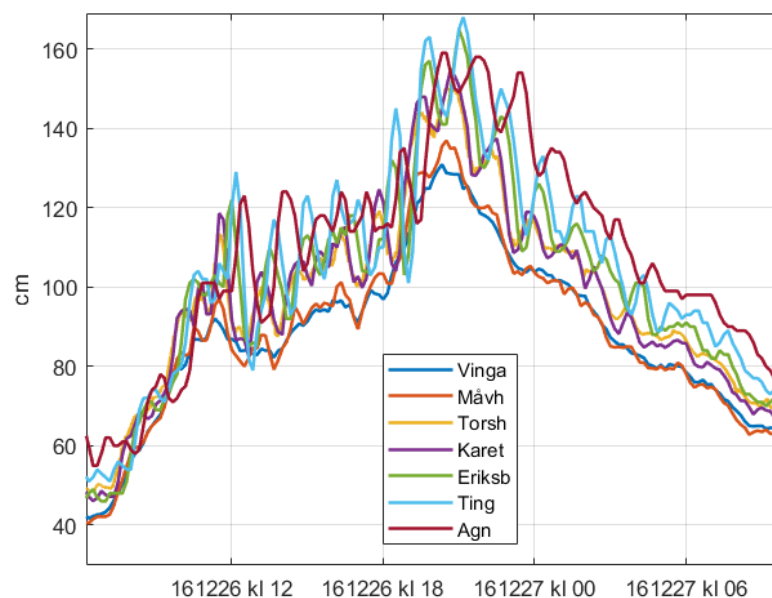
I Figur 3 visar vi ett exempel på en högvattenhändelse i kombination med en kraftig seiche. Vid tillfället passerade ett oväder, stormen Urd, varvid högt vattenstånd importerades till Göteborgsområdet. Vattenståndet steg 80 centimeter på tolv timmar. Vi kan se hur vattenstånderna i stort sett följs åt i inre delen av Göteborgs skärgård, vid Torshamnen, och vid Tingstad, 13 kilometer längre uppströms. Vi kan även se den

överlagrade seichen, periodtid cirka 80 minuter, med amplitud på cirka 20 cm vid Tingstad och 5-10 cm vid Torshammen.



Figur 3. Vattenståndet under stormen Urd. Höjningen är som snabbast runt kl. 19 och uppgår till 60 resp. 40 cm på en halvtimme vid Tingstad och Torshammen, dvs. runt 2 cm per minut. Se även Figur 4.

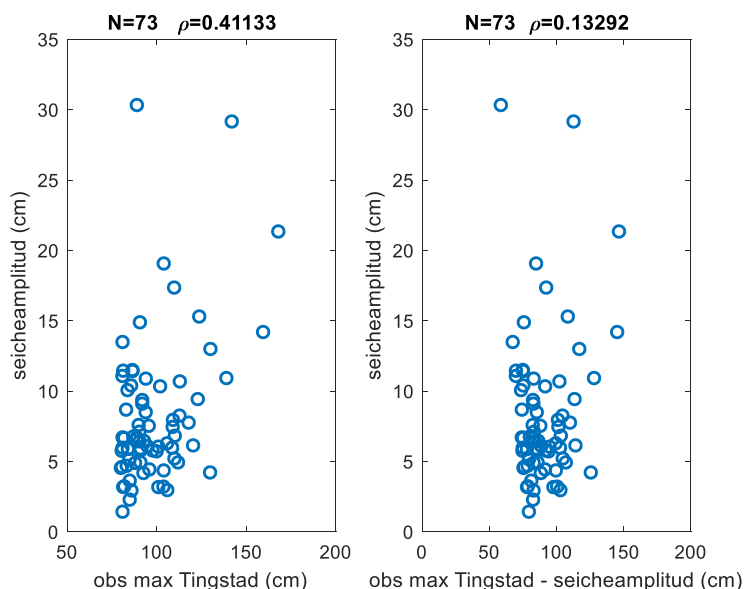
Figur 4 visar samma tillfälle, men med obsar från alla tillgängliga mätlokaler i samma diagram. Vi kan se att seichen knappt kan skönjas vid Vinga och Måvholmsbådan i yttre skärgården. Den är tydlig vid Torshammen och Karet och har högst amplitud vid lokalerna längs Göta Älv: Eriksberg, Tingstad och Agnesberg. (Självfallet fortsätter den upp längs älven, förbi Kungälv till Lilla Edet.)



Figur 4. Vattenståndet under stormen Urd. Här visas vattenståndskurvorna för alla mätlokaler. Seichen syns tydligt på mätlokalerna i Älven: Eriksberg, Tingstad och Agnesberg. Karet och Torshammen ligger strax utanför älvmynningen. Seichen syns tydligt även där, men har lägre amplitud. Den är knappt synlig vid Måvholmsbådan fem km ut. Vid Vinga, 12 km ut, är seicheamplituden försvinnande liten.

Seichens amplitud beror endast svagt på högvattennivån, som vi kan se ett exempel på i Figur 5. Figuren visar alla högvattenhändelser över 80 cm och hur kraftig seichen var vid samma tillfälle (bilden till vänster). När vi tagit hänsyn till seichens egen påverkan på högvattennivån återstår endast ett mycket svagt beroende (bilden till höger). Vi får samma resultat för Eriksberg och Agnesberg.

- Slutsatsen är att seichens bidrag till högvattennivåerna i Göta Älv är slumpmässigt, men att det *kan* uppgå till ungefär 30 cm.



Figur 5. Till vänster visas seicheamplituden mot observerat högvattenstånd ( $z$ ) 201301-201806. Tillfällena med  $z > 80$  cm har tagits ut, 73 st. Maximala seicheamplituden inom 3 timmar från högvattentillfället har tagits ut. Varje sådant värdepar blir en ring i grafen. Vi ser att seicher med hög amplitud uppträder vid högt  $z$ , vilket vi förväntar; seichen själv bidrar ju till  $z$ . Denna effekt är borttagen till höger, där seicheamplituden visas mot  $z$  minus amplituden. Seicheamplituden beroende av detta justerade  $z$  är än svagare.

### 3.2.3 Beräkning av återkomstvärden

#### 3.2.3.1 Torshamnen

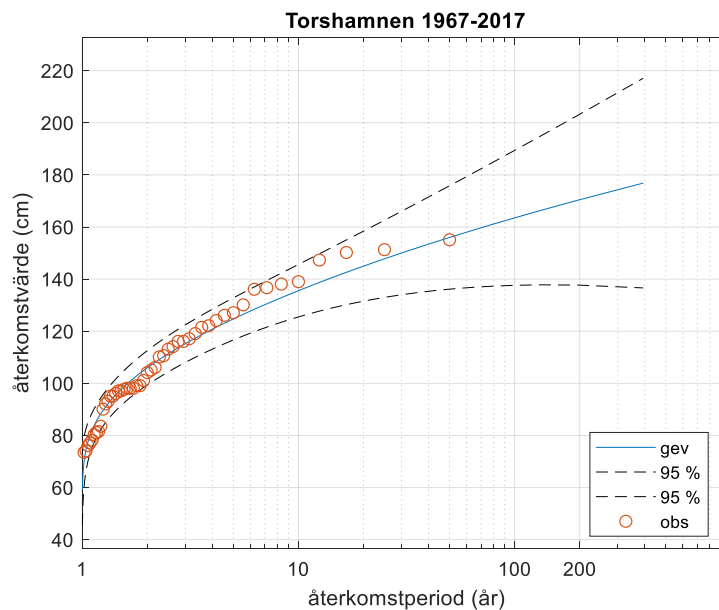
I Figur 6 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för högt vattenstånd i Torshamnen. Den valda fördelningsfunktionen är den generaliserade extremvärdesfördelningen, "gev". Vi har använt ett brutet år, juli till följande juni, för att ta ut årsmaxvärdena.

Återkomstvärdet är 164 cm över medelvattenstånd för återkomsttiden 100 år. Ett 95-procentigt konfidensintervall är 138-189 cm, vilket betyder att det med sannolikheten 95 % innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid är återkomstvärdet 171 cm och konfidensintervallet 138-203 cm. Återkomstvärdet ökar alltså svagt med ökande återkomsttid.

Valet av fördelningsfunktion är i viss mån godtyckligt. Man tar vanligen den man tycker passar bäst, men det är sällan ett entydigt val. I SMHI:s rapport "Framtida havsnivåer i Sverige" (Nerheim m.fl., 2017) kan man se att återkomstvärdet för återkomsttiden 100 år varierar beroende på vilken variant man väljer. Konfidensintervallens vidd varierar likaså. Det finns även olika sätt att passa den valda fördelningen till det föreliggande stickprovet, och de ger skilda resultat.

Återkomstvärdena för Torshamnen gäller för området utanför Göta Älvs mynning. Vi har placerat gränsen mellan hav och älv vid Älvsborgsbron, Figur 1.



Figur 6. Beräknat återkomstvärde vid olika återkomsttid i år, blå kurva. Streckade kurvor anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Ringarna visar observerade årsmax. Höjdsystem: Lokalt medelvattenstånd.

### 3.2.3.2 Göta Älv

Älvens vattenstånd samvarierar starkt med vattenståndet vid Torshammen, utanför älvmynningen. Som vi sett modifieras älvens vattenstånd av en seiche och av att älvens vattenyta sjunker nedströms mot havet.

Under en högvattenhändelse kan seichen göra att vattenståndet stiger mycket snabbt, ett par centimeter per minut. Det kan då bli 30 cm högre vattenstånd än det skulle varit utan seiche. Detta händer dock inte vid alla högvattenhändelser. Vi har inte kunnat finna något samband mellan vinden och seicheamplituden, trots att det sannolikt är vindens ändring i styrka och riktning som orsakar seichen.

Eftersom seichen signifikant kan höja vattenståndet i älven måste vi ta hänsyn till den. För att göra det har vi valt att öka skattningen av återkomstvärdena med 30 cm, den högsta observerade seicheamplituden. Detta leder till en *överskattning* av återkomstvärdet. Trots detta har vi valt att göra på detta sätt för att undvika en *underskattning* av densamma, vilket skulle följa på att bortse från seichen.

Vattenståndet ökar uppströms i älven. Ökningen beror i viss mån på vattenföringen. Denna är dock ganska konstant. Det är givetvis omöjligt att göra en prognos av vattenföringen för framtida högvattenhändelser. Det verkar dock rimligt att anta att framtida extrema högvattenhändelser kommer att kunna förutses något dygn i förväg och att vattenföringen då regleras ner. Det är därmed rimligt att anta ytlutningen i älven kommer att motsvara den vid medelvattenföring, inte den vid hög vattenföring.

För att ta hänsyn till älvytans lutning har vi därför lagt till 0 cm vid Eriksberg, 4 cm vid Tingstad och 12 cm vid Agnesberg; de observerade medelvärdena. De resulterande värdena visas i Tabell 10.

Återkomstvärde	Torshamnen (utanför Älvmyningen)	Eriksberg (Älvsborgsbron- Göta Älvbron)	Tingstad (Göta Älvbron- Marieholm)	Agnesberg (Marieholm- Agnesberg)
100 år	164	194	198	206
200 år	171	201	205	213

Tabell 10. Skattade återkomstvärden för Torshamnen som representerar allt vatten utanför älvmyningen samt tre lokaler längs älven. Höjdsystem: medelvattennivå.

### 3.2.4 Observationer

De tillgängliga mätserierna kommer från lokalerna i tabellen nedan.

Mätlokal	Utförare	Start	Höjdsystem	Avstånd från Vinga
Vinga	Sjöfartsverket	2013	lokalt	0
Måvholmsbådan	Sjöfartsverket	2017	lokalt	7
Torshamnen	SMHI	1967	RH2000	12
Karet	Sjöfartsverket	2017	lokalt	17
Eriksberg	Gbg Stad	2013	RH2000	21
Tingstad	Gbg Stad	2013	RH2000	25
Agnesberg	Gbg Stad	2013	RH2000	32

Tabell 11. Detaljer om de tidsserier som använts. Den sista kolumnen anger avståndet från Vinga i kilometer.

#### 3.2.4.1 Torshamnen

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd vid Torshamnen som startade 1967. Observationerna är av hög kvalitet. Pegeln är placerad i en pegelbrunn vilken eliminerar störningar från vågor samt skyddar den från väder och vind. Pegeln har hindrats att frysa, vilket ger en nästan avbrottsfri observationsserie. Dataåterbäringen är 100 %. Det medför att resultaten inte påverkas av statistiska betingningsfel. Pegeln är upprepade gånger inmätt i rikets höjdsystem. Det betyder att nollpunkten är känd och verifierad. Från 1967 finns timvärden och från 2003 tiominutersvärden.

Högsta uppmätta vattenstånd är 150 cm över medelvattenstånd 1985-11-06.

#### 3.2.4.2 Klippan och Ringön

De tidigare vattenståndsmätningarna vid Ringön (dygnsvärden 1887-1958) och Klippan (1959-1968) kan inte bidra till detta projekt på grund av bristande kvalitet.

#### 3.2.4.3 Vinga, Måvholmsbådan och Karet

Mätningarna är av lägre kvalitet med oklara höjdsystem och mätavbrott. Vi har använt dem för kvalitativa undersökningar i detta projekt.

#### 3.2.4.4 Eriksberg, Tingstad och Agnesberg

Efter de inledande åren är mätningarna av relativt hög kvalitet med hög tidsupplösning och känt höjdsystem. Sannolikt är dock tidsstämpeln felaktig med runt 30 minuter.

### 3.3 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Göteborg är 3,0 mm/år. Landhöjningen är beräknad av Lantmäteriet med nya landhöjningsmodellen NKG2016LU (se SMHI Klimatologi 41, 2017).

### 3.4 Högsta beräknade havsvattenstånd

Högsta beräknade havsvattenstånd togs fram till Klimatologirapport nummer 48 (Nerheim m.fl. 2018). Metodiken beskrivs i detalj i Schöld m fl. (2018). Värdena avser inte högsta möjliga havsvattenstånd som någonsin kan inträffa, utan representerar värden med mycket låg sannolikhet.

Ett högvattenstånd kan förenklat delas in i tre komponenter: Medelvattenståndet, ett genomsnittligt vattenstånd för en viss tidperiod, ofta en till några veckor, och en kortvarig händelse som beror på en tillfällig vädersituation under några dagar, ofta ett lågtryck med tillhörande kraftiga vindar.

Medelvattenståndet hanteras separat. Kvar blir då det genomsnittliga vattenståndet, utgångsläget, kallat havsnivå före storm, och stormhöjningen. I Schöld m.fl. analyserades ett stort antal höga vattenstånd med avseende på vattenstånd före storm och stormhöjning för alla SMHI:s längre tidsserier för vattenstånd.

Beräknat högsta havsvattenstånd definieras som:

Den högsta stormhöjningen observerad på en plats plus det högsta genomsnittliga vattenståndet före stormen för havsbassängen.

Högsta beräknade havsvattenstånd för Torshamnen är 190 cm över medelvattenståndet (Schöld m fl. 2017).

## 4 REFERENSER

Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer, D. and Unnikrishnan, A.S. (2013) Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1137–1216, doi:10.1017/CBO9781107415324.026.

Johansson L., Gyllenram, G., Nerheim, S. (2018) Lokala effekter på extrema havsvattenstånd. SMHI Oceanografi 125.

Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G. och Sjöström, Å. (2017) Framtida havsnivåer i Sverige. SMHI Klimatologi Nr 48.

Schöld, S., Ivarsson, C.-L., Nerheim, S. och Södling, J. (2017) Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust. SMHI Klimatologi Nr 45.

Simpson, M.J.R., Nilsen, J.E.Ø., Ravndal, O.R., Breili, K., Sande, H.P., Kierulf, H., Steffen, H., Jansen, E., Carson, M., and Vestøl, Ø. (2015) Sea Level Change for Norway. Norwegian Centre for Climate Services, NCCS report no 1/2015.

SMHI (2017) Framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust. Klimatologi Nr 41.