

Exploateringsförvaltningen



Göteborgs
Stad

Gång- och cykelbro Packhuskajen - Hugo Hammars kaj PM Hydrologi

Del av Genomförandestudie och Detaljplan
Mars 2024



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

exploatering@exploatering.goteborg.se

Status på dokumentet: Underlag till samråd detaljplan, 2024-03-28

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 samt öka kontakten mellan norra och södra älvstranden i centrala Göteborg genom att etablera en ny fast förbindelse över Göta älv. Bron finns beskriven i Göteborgs Stads översiktsplan från 2022 och är prioriterad i kommunfullmäktiges budget för år 2023. Bron bidrar både till Göteborgs Stads måluppfyllelse inom trafik- och resande och är en bärande del i att stadskärnan ska kunna växa över älven till en mer sammankopplad, nära och robust storstad.

Göteborgs Stad har tidigare planerat för en gång- och cykelbro över Göta älv mellan Packhuskajen och Hugo Hammars kaj. 2009 fastställde Mark- och miljööverdomstolen ett beslut om att inte godkänna ansökan om vattenverksamhet. Sedan dess har förutsättningarna förändrats, bland annat att Frihamnen inte längre klassas som riksintresse. 2021 beslutade kommunfullmäktige att åter planera för en gång- och cykelbro med samma brosträckning. Arbetet pågår nu inom Göteborgs Stad med framtagande av en detaljplan, en genomförandestudie (GFS) och av en miljödömsansökan 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 dimensionerande 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-b, Bilaga 1) 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.

Havsvattenståndet vid gång- och cykelbron är generellt högre än vid Torshammen. Vattenytans lutning uppströms Göta älv och vinduppstuvningseffekter vid händelser av högvatten har beaktats och är inkluderade i dimensionerande 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
HHW	+1,82
MHW	+1,19
MW	+0,02
MLW	-0,59
LLW	-1,09

Dimensionerande 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. Dimensionerande värde HHQ inte är kopplat till någon återkomsttid men anses vara relevant vid dimensionering*.

Karaktäristiskt flöde [m ³ /s]	Källa
HHQ	450* (SMHI, 2011b)*
HQ50	389 S-HYPE
MHQ	316 S-HYPE
MQ	213 S-HYPE
MLQ	89 S-HYPE
LLQ50	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

1	INLEDNING	7
	1.1 Syfte och avgränsning	7
2	KARAKTERISTISKA HAVSVATTENSTÅND	10
	2.1 Medelvattenytans lutning uppströms Göta älv	10
	2.2 Metod vinduppstuvning vid högvatten	11
	2.3 Beaktande av "Extremvattenstånd i Göteborg" (SMHI, 2018).....	12
	2.4 Resultat havsvattenstånd.....	13
	2.5 Sammanfattning havsvattenstånd.....	14
3	KARAKTERISTISKA FLÖDEN	15
	3.1 Metod.....	15
	3.2 Resultat flöden.....	15
	3.3 Sammanfattning flöden	16
4	DÄMNING.....	17
	4.1 Överslagsberäkning dämmande effekt	17
	4.2 Sammanfattning dämning	18
5	SEDIMENTSPRIDNING	19
	5.1 Sedimentationsförhållanden	19
	5.2 Sedimentspridande aktiviteter i området.....	20
	5.3 Bedömning sedimentspridning under anläggningsarbetet	20
	Referenser	21

Bilaga 1 – Vattenteknisk utredning Hisingsbron 2011

Bilaga 2 – Modellerings av dämmande effekt från tillståndsansökan 2007

Bilaga 3 – Dataunderlag beräkning av karaktäristiska havsvattenstånd

Bilaga 4 – Extremvattenstånd i Göteborg

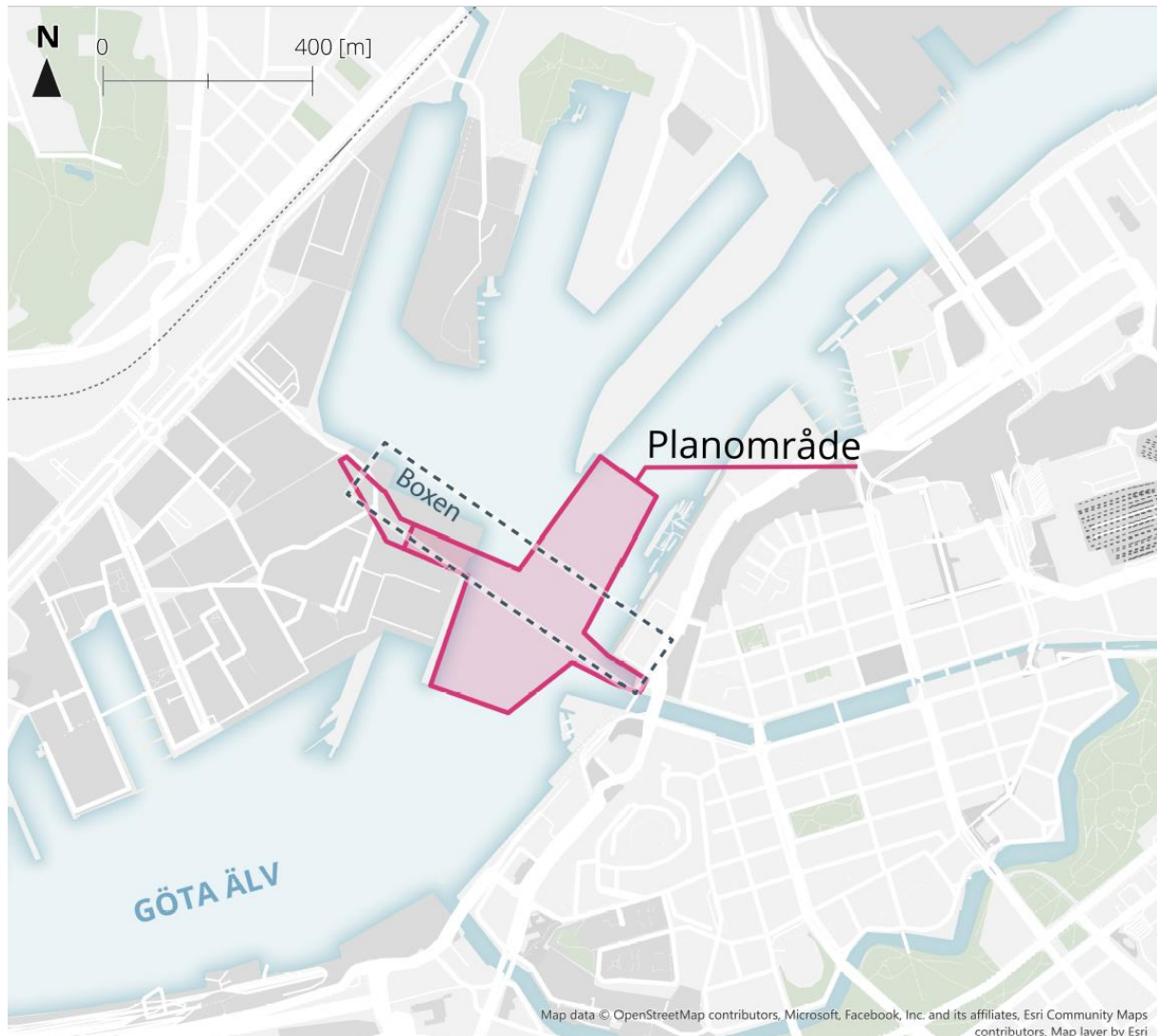
1 INLEDNING

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*. Syftet med detaljplanen är att säkerställa tillgång till allmän plats för anläggande av en gång- och cykelbro inklusive erforderliga skyddsåtgärder i vatten samt brons anslutningar till omkringliggande vägnät. Ytan inom detaljplanen regleras dels som vattenområde dels som allmän plats.

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. Området redovisas i Figur 1 och benämns inom projektet för boxen. I samma figur redovisas även det föreslagna planområdet för gång- och cykelbron. All mark och vatten som kan komma att tas i anspråk eller få en direkt påverkan omfattas av planområdet. Den planerade gång- och cykelbron är cirka 400 meter lång och cirka 10 meter bred. Projektet omfattar också cirka 150 meter, respektive 20 meter gång- och cykelväg på Norra respektive Södra Älvstranden.

Inom planområdet har åtgärder och konsekvenser inte hanterats för 200 meter längst i väster. Samordning pågår med Älvstranden Utveckling och det pågående projektet med den planerade industrivägen i området.



Figur 1. Kartbild över detaljplanområde (röd linje) samt det geografiska området benämnt boxen (streckad linje). Den del av planområdet i väster som saknar fyllnadsfärg avser område som inte utretts med avseende på åtgärder och konsekvenser.

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-b), se Bilaga 1.

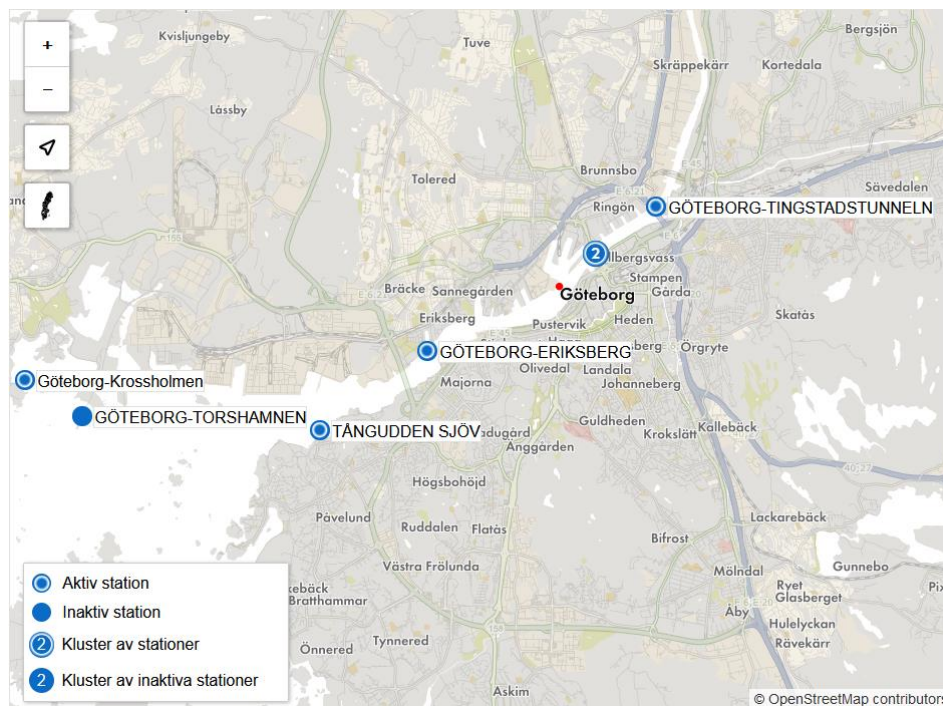
Vad gäller havsvattenstånd baserades den tidigare analysen på ett antal observationsserier, men huvudsakligen på tim- och minutvärden från Torshamnen perioden 1968-2010 (42 år). SMHI:s analys tog inte hänsyn till vinduppstuvningseffekter eller vattenytans lutning mellan Torshamnen och Hisingsbron vilket 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 Vänern, 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 Torshammen 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 Torshammen 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 LLW¹, 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 cykelbronns 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 Torshammen. 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 Torshammen (SMHI, 2018) vilken också motsvarar den generella hållning Göteborgs Stad använder för uppskattning av havsvattenstånd relaterade till "Centrala staden". I linje med

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

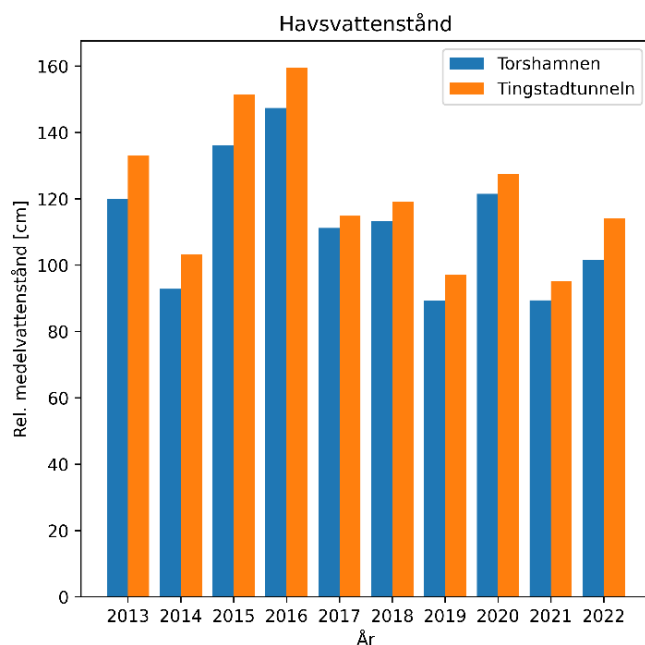
Göteborgs Stads generella hållning har ett påslag om +0 cm för medelvattenytans lutning använts inom detta projekt.

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.

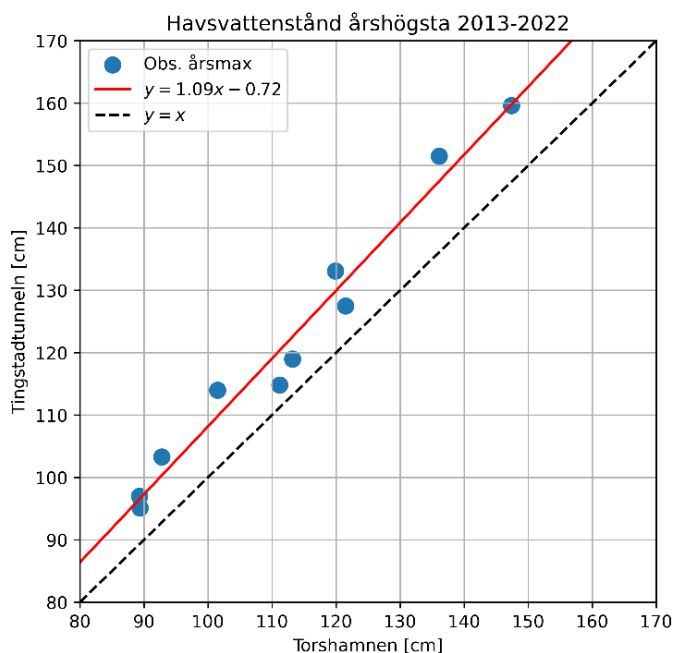
Resultatet i Figur 3 visar entydigt på att högvattenhändelserna förstärks uppströms vid Tingstadstunneln.



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 älvsområdet 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, 2024-03-28) medan beräknad vinduppstuvning enligt metod i Avsnitt 2.2 applicerats på MHW. **Fel! Hittar inte referensälla.** 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
HHW	+1,52	+0,00	+0,30	+1,82
MHW	+1,06	+0,00	+0,13	+1,19
MW	+0,02	+0,00	-	+0,02
MLW	-0,59	+0,00	-	-0,59
LLW	-1,09	+0,00	-	-1,09

2.4 Resultat havsvattenstånd

Fel! Hittar inte referensälla. 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
HHW	+1,52	+1,82
MHW	+1,06	+1,19
MW	+0,02	+0,02
MLW	-0,59	-0,59
LLW	-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, 2024-03-28). Underlaget för skattningen av extremnivåerna kan komma att uppdateras inom ramarna för Översvänningsdirektivets 6-årscykel om MSB fortsätter identifiera Göteborg som ett område med betydande översvänningsrisk.

Det framtagna underlaget som presenteras i **Fel! Hittar inte referenskälla.** 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 ³ /s]	Total stationskorrigerad vattenföring S-HYPE [m ³ /s]
HQ100	365	*
HQ50	345	389
MHQ	265	316
MQ	190	213
MLQ	130	89
LLQ50	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 LLQ med 50 års återkomsttid i S-HYPE.

I december 2000 skedde en tappning vid Lilla Edet på 1279 m³/s, vilket beräknats ha givit upphov till ett flöde i Göteborgsgrenen på cirka 450 m³/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 m³/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 m³/s, vilket beräknats ha givit upphov till ett flöde i Göteborgsgrenen på cirka 450 m³/s (SMHI, 2011b). Återkomsttiden av denna händelse är inte känd men flödet är relevant vid dimensionering. Tabell 4 sammanfattar de dimensionerande flöden som tagits fram i detta PM. Underlaget utgörs av en kombination av olika datakällor som sammanfattas i tabellen.

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

	Karaktäristiskt flöde [m ³ /s]	Källa
HHQ	450***	(SMHI, 2011b)***
HQ50	389	S-HYPE
MHQ	316	S-HYPE
MQ	213	S-HYPE
MLQ	89	S-HYPE
LLQ50	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 m³/s vilket ungefärligen motsvarar en medelvattenföring i älven (MQ = 190-213 m³/s, se **Fel! Hittar inte referenskälla.** 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 förstas 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 m² respektive 950 m². 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 förenklade 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:

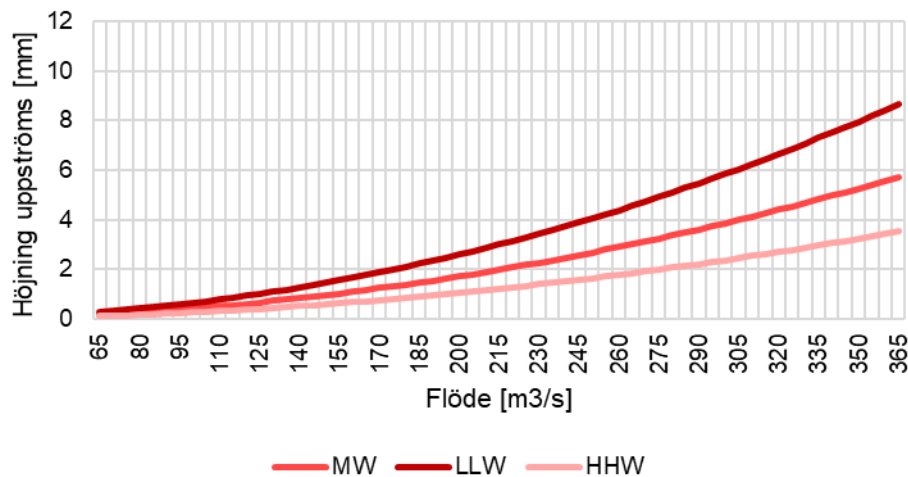
- Tryckskillnaden uppströms (vid Operan) och nedströms (vid gång- och cykelbron) är noll.
- Vattnets densitet är konstant i det utflödande älvvattnets tvärsnitt.
- Saltkilens läge (djup) är konstant.
- Skillnaden i vattenstånd vid broläget är noll för strömning med och utan bro.
- Skillnaden i strömhastighet 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 m² respektive 800 m², 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 39 %. 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

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 (38-40 % för de olika överslagsberäkningarna) kan tyckas stor, men är i förhållande till älvens karaktäristiska flödes hastigheter inte tillräckligt stor för att resultera i någon betydande dämning av flödet.

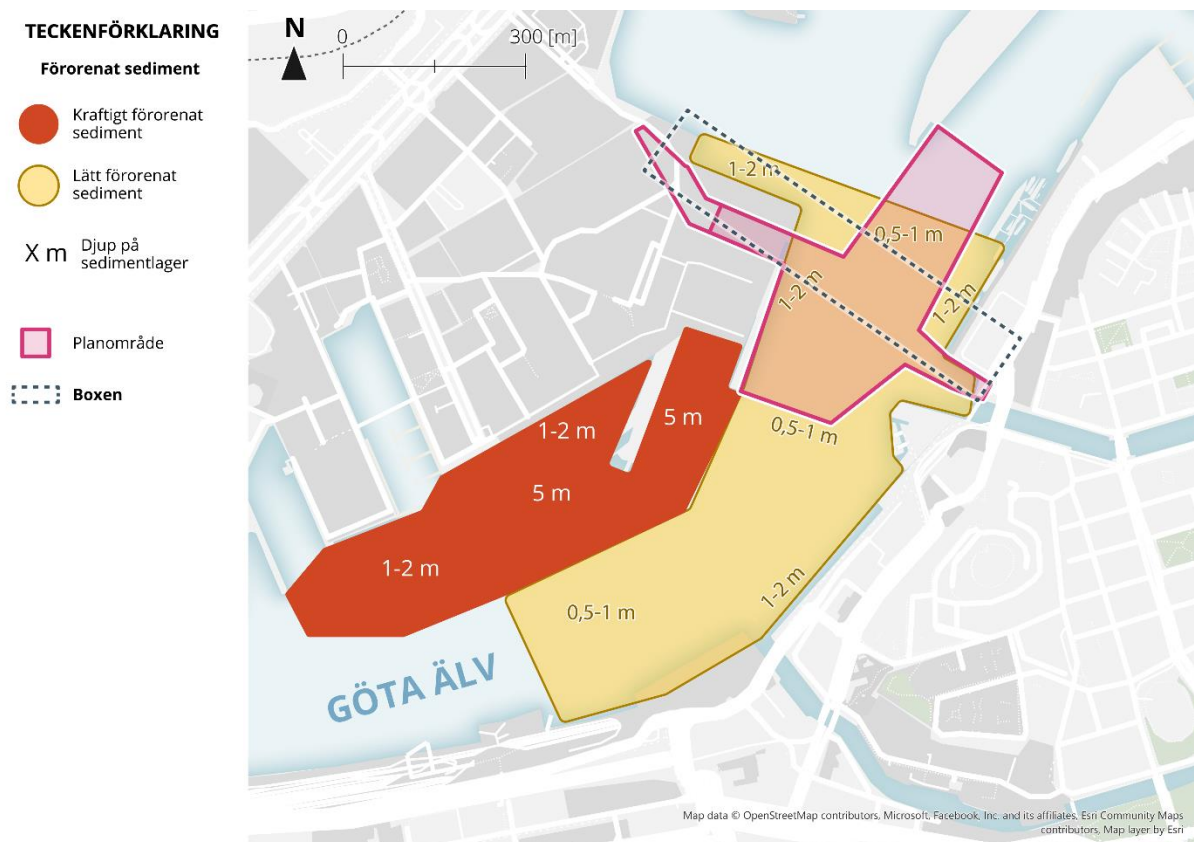
5 SEDIMENTSPRIDNING

Utifrån överslagsmässiga strömningsberäkningar och tidigare strömningsmodellering från 2007 bedöms gång- och cykelbron 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 tillfällig förhöjd suspension och spridning av botten sediment.

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.

Botten sedimenten i intresseområdet är förorenade i olika utsträckning. Tidigare undersökningar definierar botten sedimenten 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 botten sedimenten nedströms broläget vid Lindholmen, se Figur 6.

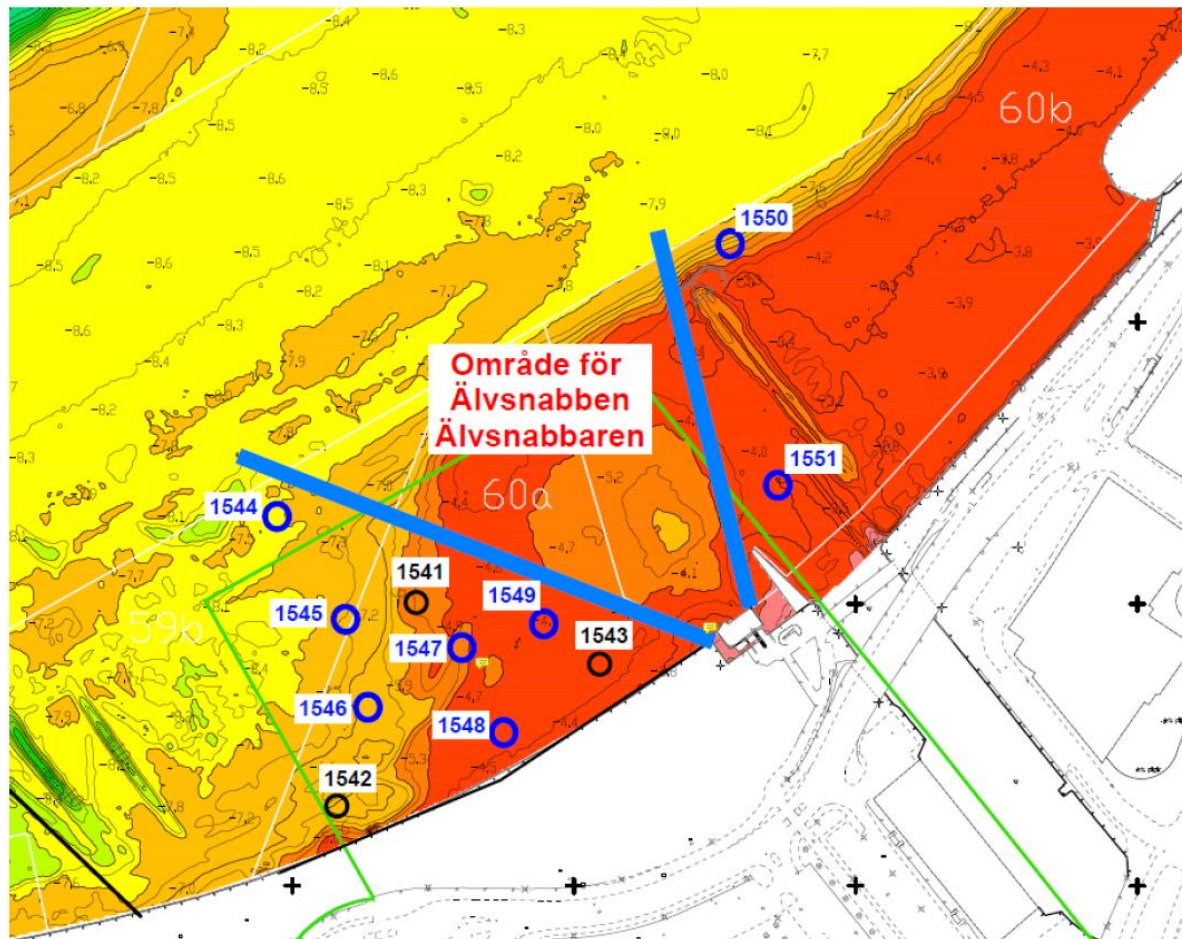


Figur 6. Kartbild över föroreningssituationen i vattenområdet med angivna mäktigheter av förorenade sediment. Illustrationen är baserad på underlag från Rapport Gång och cykelbro över Göta älv Merkostnader för mark- och sedimentsanering (Relement Miljö Väst, 2020).

5.2 Sedimentspridande aktiviteter i området

Utöver den naturliga erosionen och transporten av sediment i älven förekommer regelbundna sedimentspridande aktiviteter så som propellererosion från fartyg samt underhållsmuddring av Göteborgs hamn för att upprätthålla ramfritt djup.

Propellererosionen från fartyg förekommer på dygnsbasis från både passagerarfartyg (exempelvis Älvsnabben) och tyngre lastfartyg uppströms älven. Ett exempel på omfattningen visas i Figur 7 där en fördjupning om cirka 2 meter kan relateras till propellererosion utanför Älvsnabbens tidigare hållplats vid Rosenlund.



Figur 7. Exempel på propellererosions inverkan på botten djupet i närheten av intresseområdet. Nummerade ringar saknar relevans för detta projekt.

5.3 Bedömning sedimentspridning under anläggningsarbetet

Medelströmshastigheten vid gång- och cykelbroläget uppskattas till ungefär hälften av densamma vid Hisingsbron på grund av älvsnittets breddning och fördjupning nedströms Hisingsbron. Den betydligt lägre medelströmshastigheten innebär att risken för en snabbt utvecklad spridning av suspenderat botten sediment är betydligt lägre vid gång- och cykelbroläget än vid Hisingsbron. Detta gäller i synnerhet om suspensionen är begränsad till den nedre delen av vattenkolumnen närmre botten där strömshastigheterna är lägre än närmre ytan.

Metoden för anläggningsarbetet är ej fastställt men anläggningsrelaterad uppgrumling begränsas ofta med hjälp av spontar för att skydda omliggande vatten samt övervakas genom kontinuerliga grumlingsmätningar under anläggningsfasen. Eftersom också avståndet från intresseområde är långt till opåverkade bottenförhållanden med högre naturvärden bedöms risken för negativ påverkan från anläggningsarbetet som mycket liten.

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. (2024-03-28). *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 m³/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>Väterns vattennivå (möh)</i>	<i>Lägsta veckomedeltappning</i>
Över 44,7 m	Max enligt vattendom (1030 m ³ /s)
44,5 – 44,7 m	870 m ³ /s
44,3 – 44,5 m	780 m ³ /s
44,0 – 44,3 m	Linjär interpolering mellan 170 m ³ /s och 780 m ³ /s

Enligt uppgift från Vattenfalls driftcentral Bispgården uppgår den största tappningen som skett vid Lilla Edet till 1279 m³/s, vilket skedde i december år 2000. Flödet i Göteborgsgrenen kan därvid uppskattas till ca 450 m³/s.

Den nya Göta älvbron föreslås dimensioneras för flödena i tabell 1 samt för en största tappning av 450 m³/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

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
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

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 (km²): 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 m³/s)

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

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



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 avvaktan 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. Väners 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 m³/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 m³/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 m³/sek (normal praktisk mintappningsgräns) vid + 44,0 m och 780 m³/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 ³ /s
44,3 – 44,5 m	780 m ³ /s
44,0 – 44,3 m	Linjär interpolering mellan 170 m ³ /s och 780 m ³ /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

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.

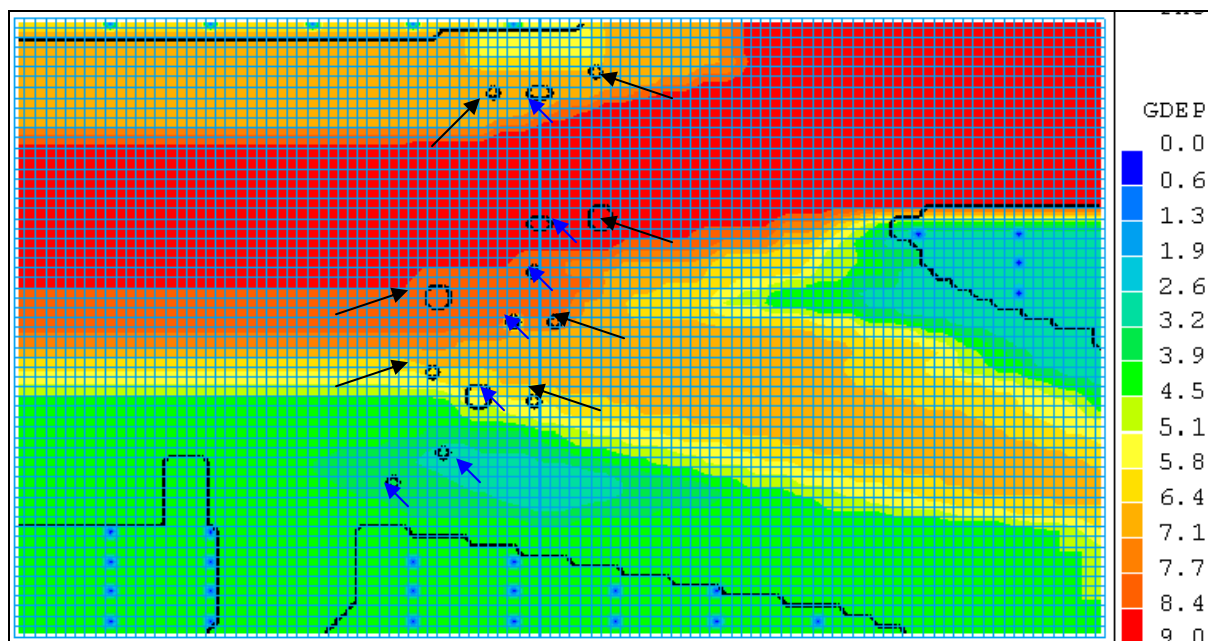
Som utgångspunkt för studiet av vattenståndet i älven tas en situation med relativt stor vattenföring, omkring 180 m³/s. Modellen har jämförts med mätningar av ström och salthalt för denna situation. Se bilaga.

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 kvadratiska 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.

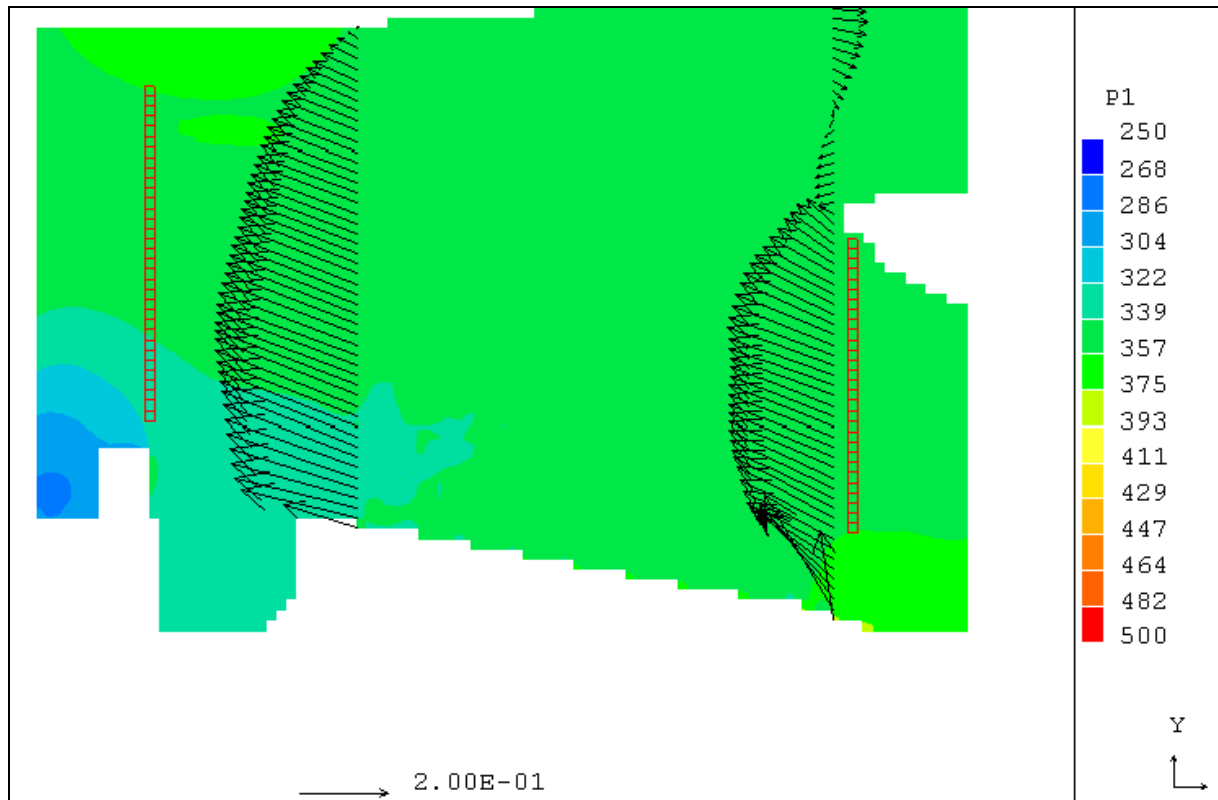
De tillfälliga konstruktionerna (spontlådor/ kasuner och gjutformar) har representerats i modellen som fyrkantiga block med bredden 12 m respektive 6 m vilket ungefär överensstämmer med måtten på ritningarna.

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.

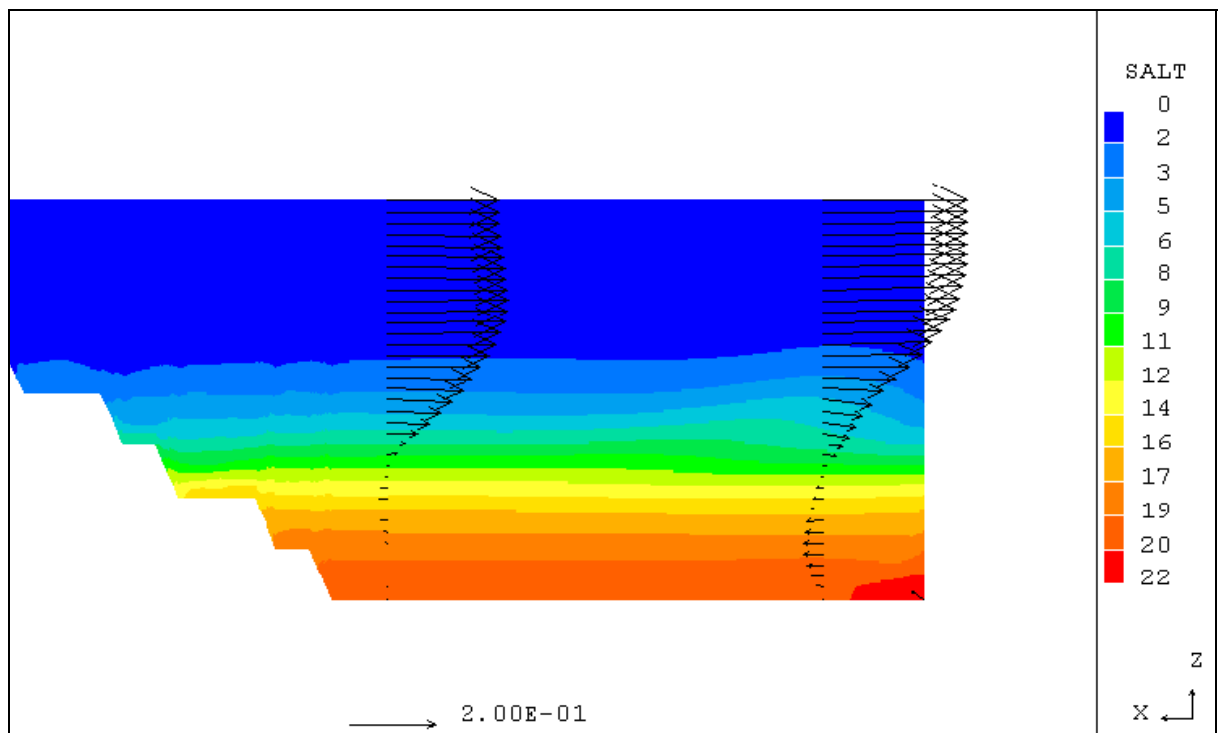
Resultat

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!

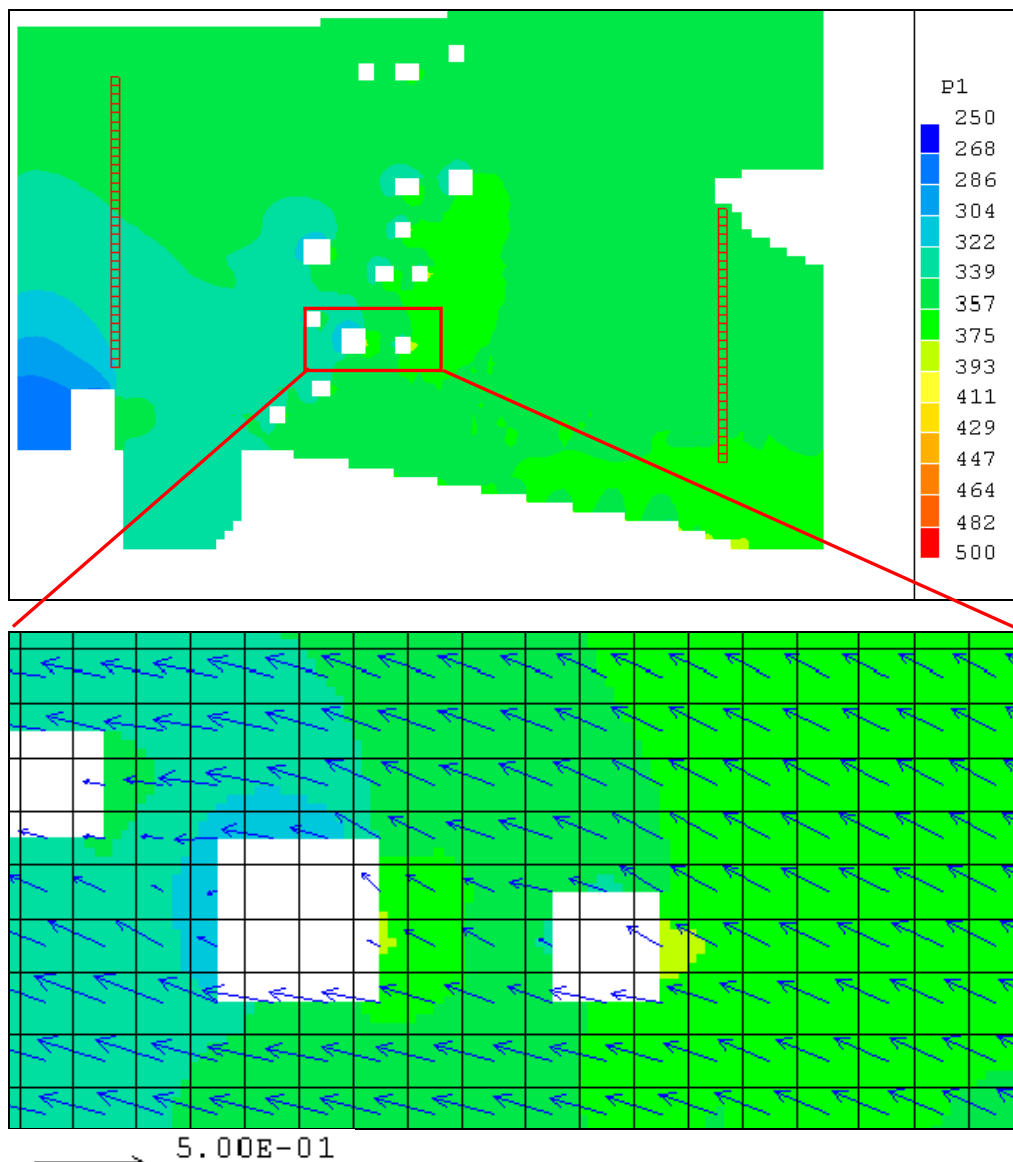


Figur 2 . Exempel på strömmar i vattenytan. Skalpilens längd motsvarar 0.2 m/s. Figuren visar också det beräknade trycket samt de två tvärsnittslinjer där medeltryck beräknas.



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.

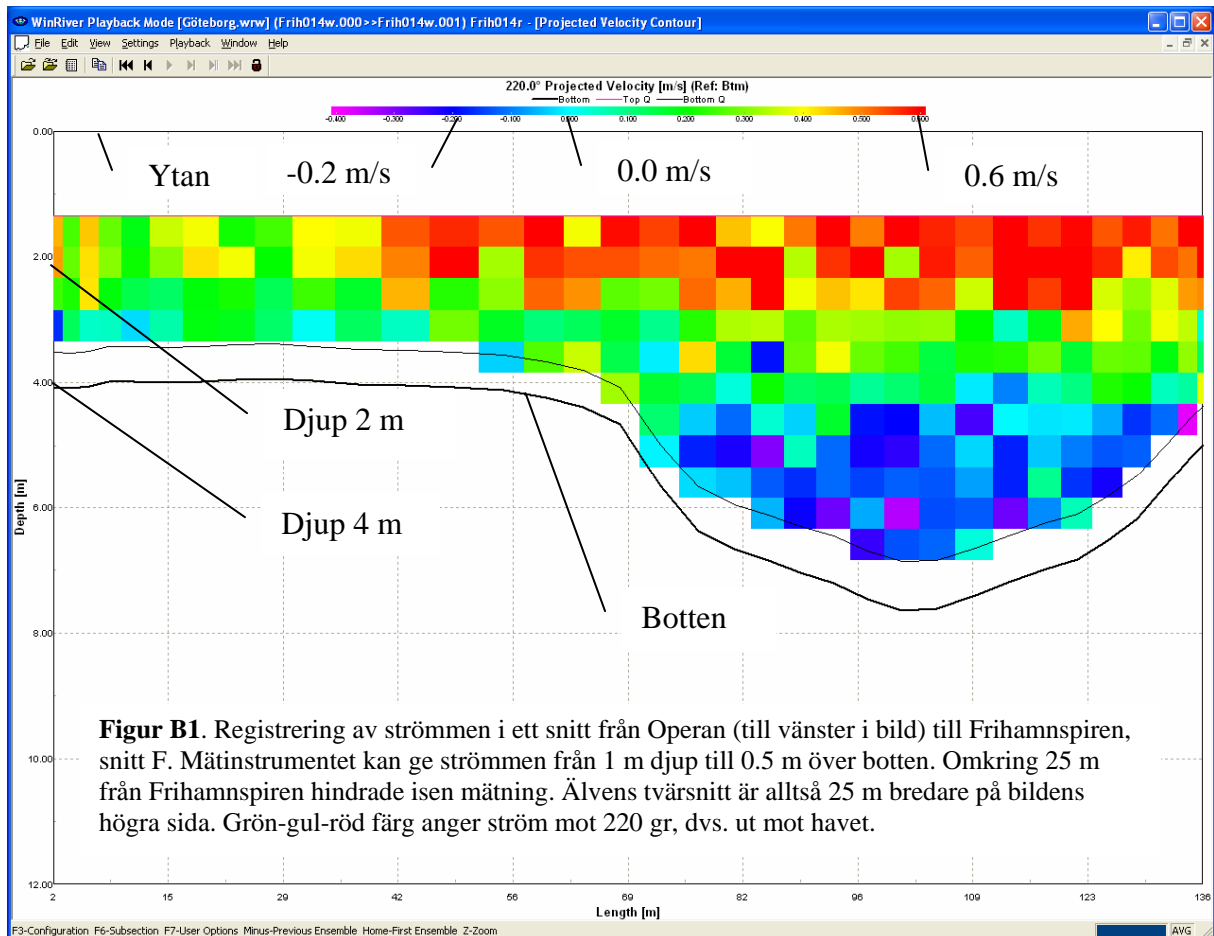
Figur 5 (undre). En närbild av trycket och strömmarna intill brofundamentet för enkelklaffbron samt de två fundamenten för påseglingsskydd. Strömmar på 1 m djup.

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.

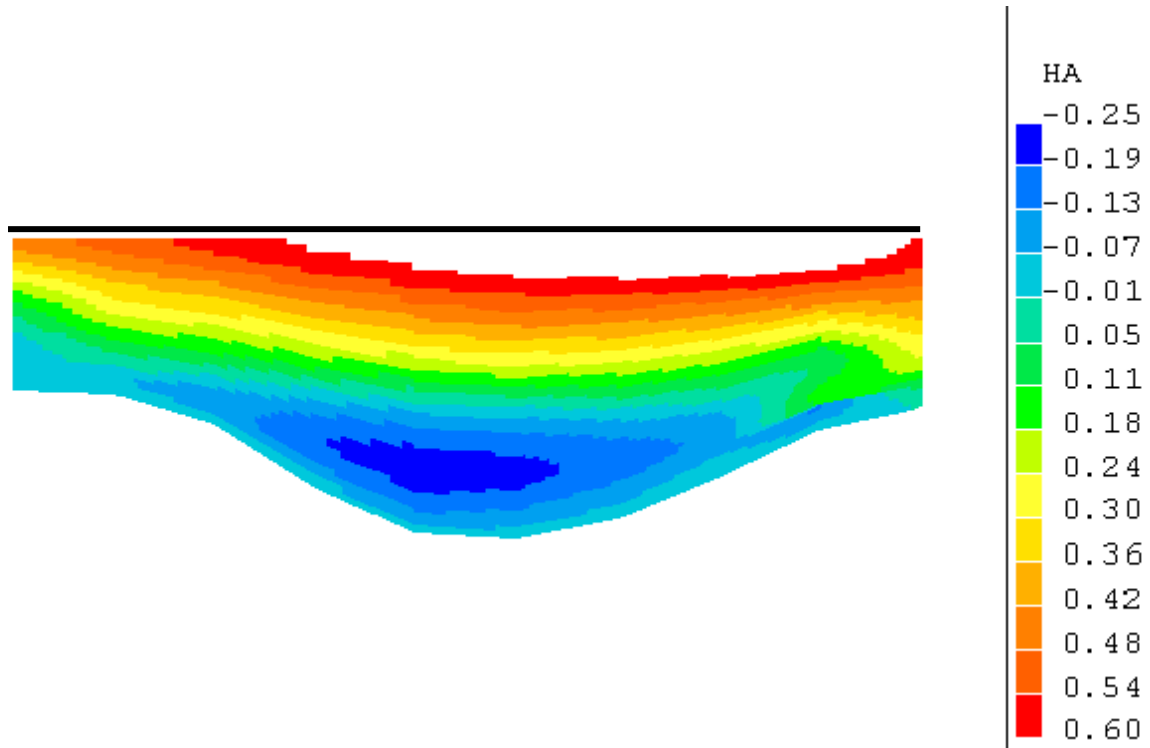
Bilaga: Jämförelser mellan mätningar och simuleringar.

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.

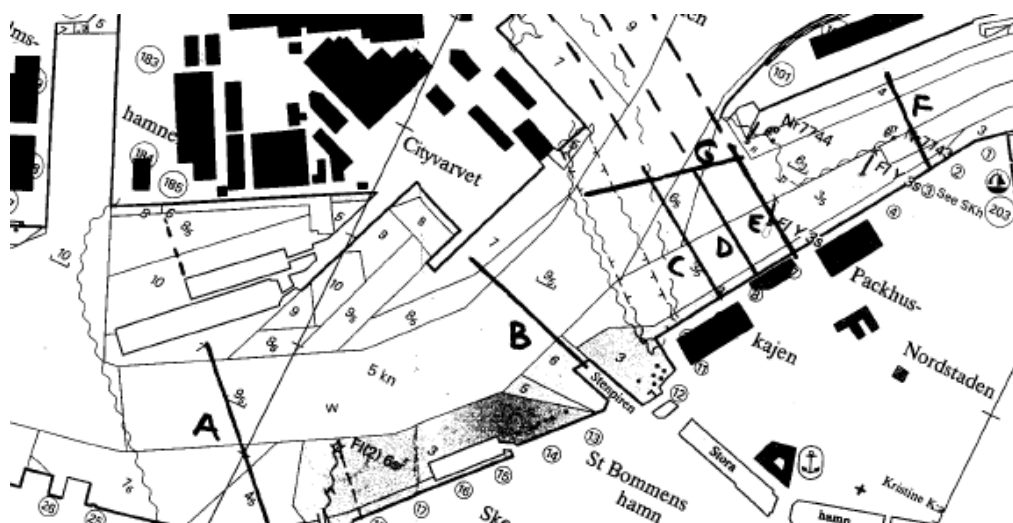
Den kraftiga utströmmen dominerar endast ner till drygt 2 m djup. Under 4 m djup härskar en motsatt riktad ström som för in saltvatten från havet ända upp till Götaälvbron (och möjligen ännu längre). Strömhastigheten inåt är 0.2-0.3 m/s och drivs av att saltvattnet i älvmyningen är tyngre än sötvattnet 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 m³/s



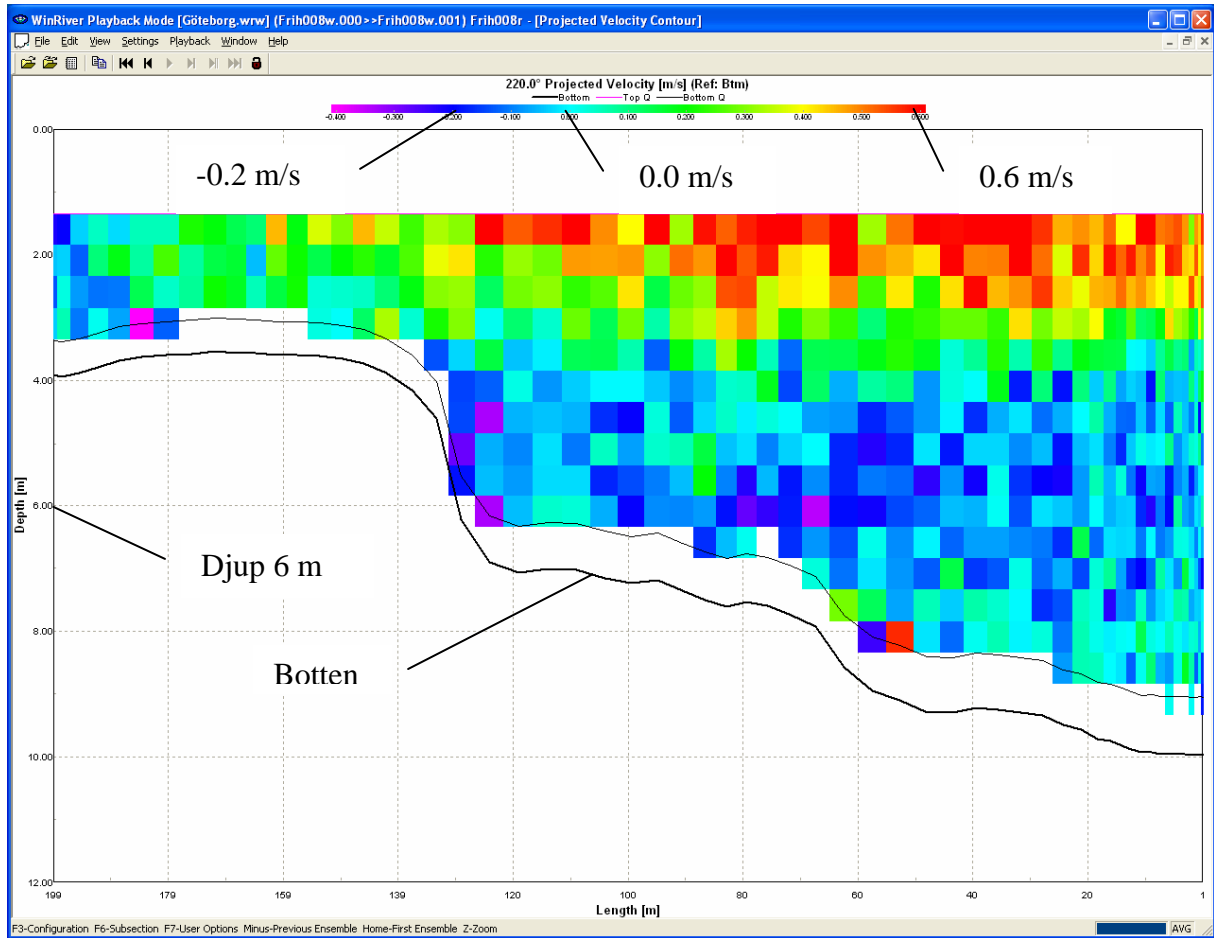
Simuleringar i beräkningsmodellen har utförts med den vattentransport ($180 \text{ m}^3/\text{s}$), den vind och salthaltsskiktning som rådde under mät dagen. Modellen styrs med älvflödet i modellens innersta gräns (Götaälvbron) och vindfriktion på vattenytan. Modellen styrs också av uppmätt salthalt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



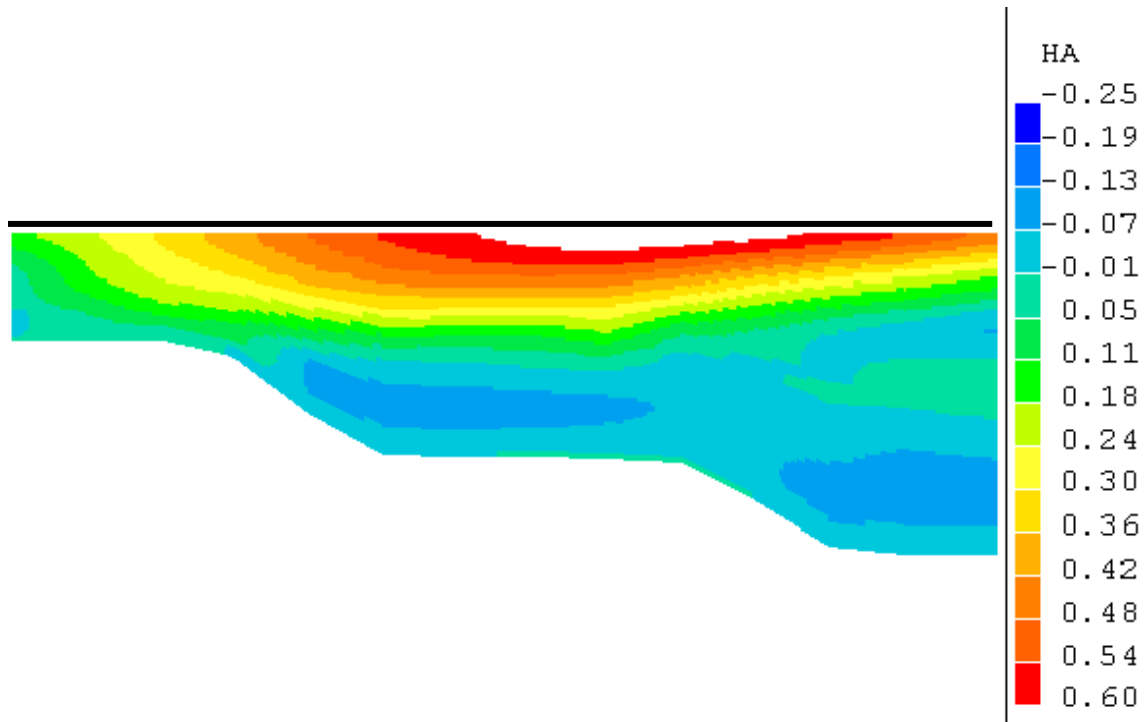
Figur B2. Beräknad ström i snitten från Operan till höger i bild till Frihamnspiren, snitt F. Vinden är ostlig 9 m/s . Röd färg betecknar ström på 0.6 m/s (drygt 1 knop) utåt havet. Modellen beräknar strömmen hela vägen upp till ytan, det svarta strecket, men för att likna figur 1 har strömmarna större 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

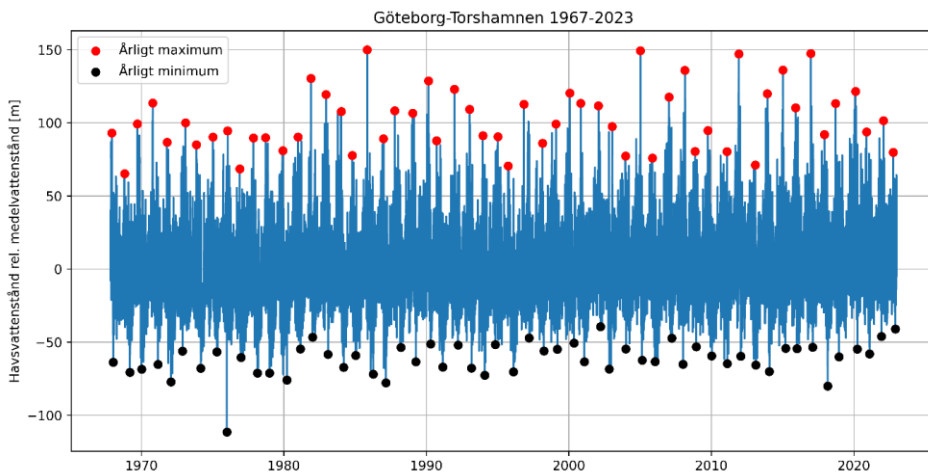
Dataunderlag beräkning av karaktäristiska
havsvattenstånd

UPPDRAGSNUMMER

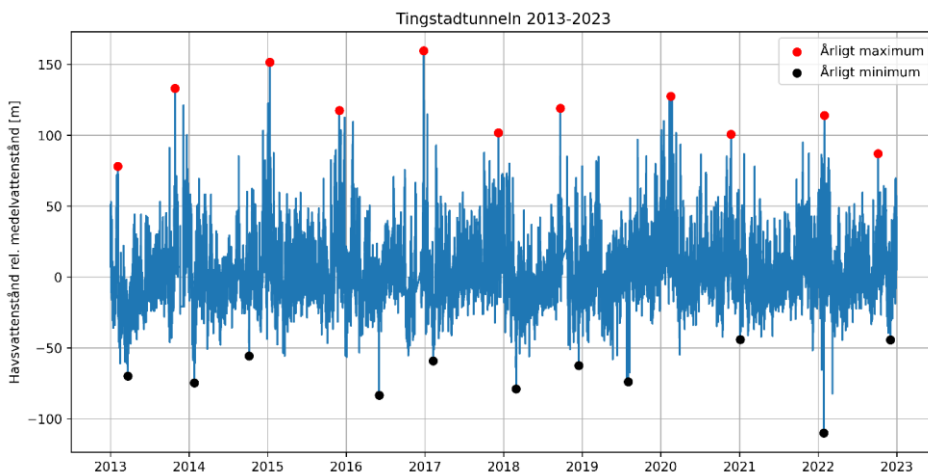
30054710

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.