

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

PROJEKTANSVARIG

Lasse Johansson

Telefon 031-751 89 92

E-post lasse.johansson@smhi.se

DIARIENUMMER

2018/955/9.5

Version

01

02

Datum

2018-11-15

2018-12-07

Granskad

MSB återkoppling

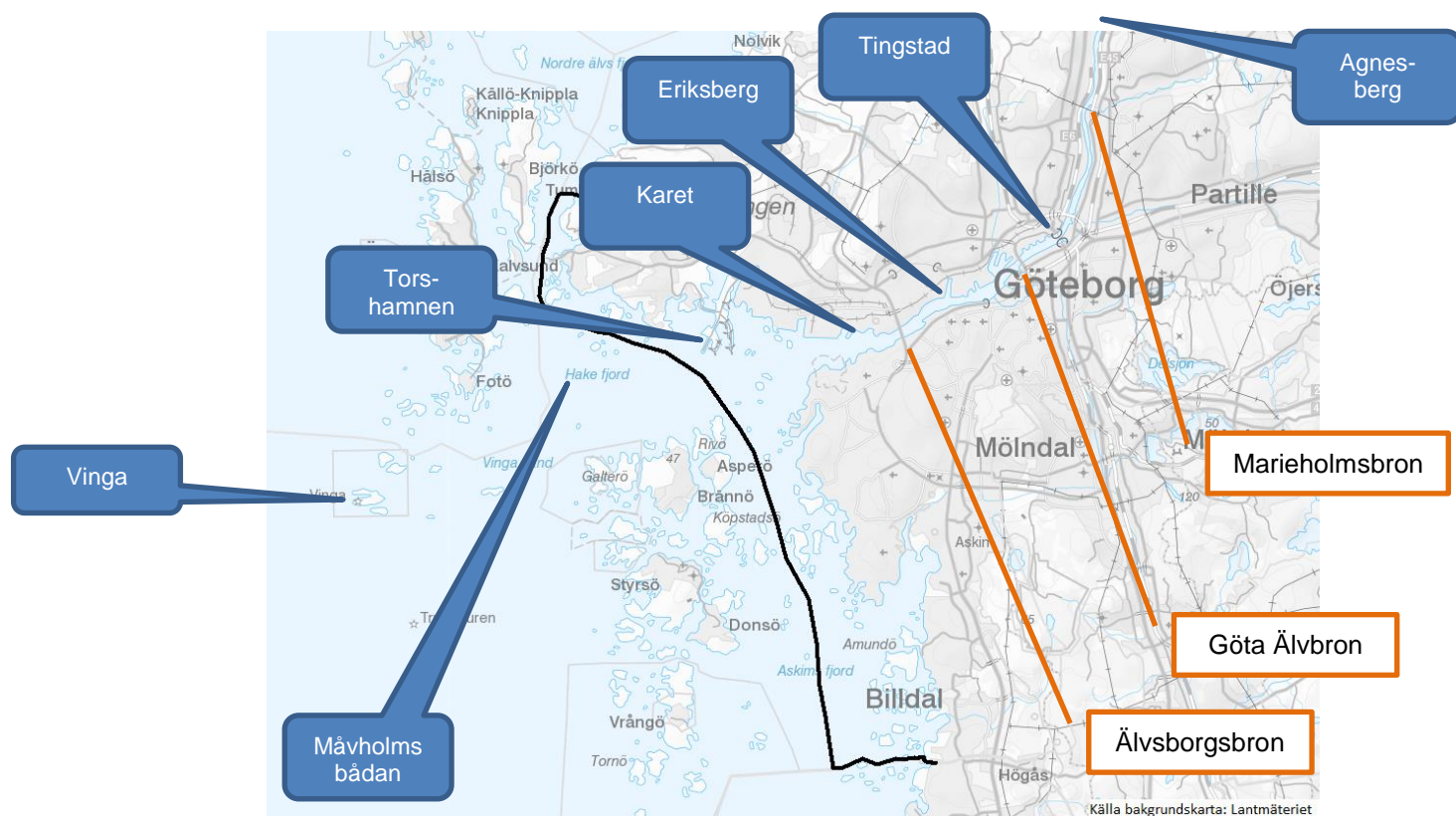
Utfört av

Signild Nerheim, SMHI

Lasse Johansson, 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
skattat värde år 2100	213	220	263
konfidensintervall 95 %	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
skattat värde år 2100	243	250	-
konfidensintervall 95 %	188 till 299	191 till 310	-

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

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
skattat värde år 2100	247	254	-
konfidensintervall 95 %	222 till 333	243 till 361	-

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

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
skattat värde år 2100	255	262	-
konfidensintervall 95 %	230 till 341	251 till 369	-

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	
återkomstvärde i medelvattenstånd	164	171	Avsnitt 3.2.3.1
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	7	7	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-32	-32	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	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
klimatprognos	23	23
extremvärdesberäkning	13	17
mätning	3	3
kombinerad osäkerhet	27	29

Tabell 6. Göteborg utanför älvmyrningen. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser 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	
återkomstvärde i medelvattenstånd	164	171	164	171	164	171	Avsnitt 3.2.3.2
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	7	7	7	7	7	7	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	74	74	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-32	-32	-32	-32	-32	-32	SMHI Klimatologi 41, 2017
seiche	30	30	30	30	30	30	avsnitt 3.2.2
älvytans medelhöjning uppströms	0	0	4	4	12	12	avsnitt 3.2.1
TOTAL	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
klimatprognos	23	23
extremvärdesberäkning	13	17
mätning	10	10
kombinerad osäkerhet	28	30

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

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

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

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.

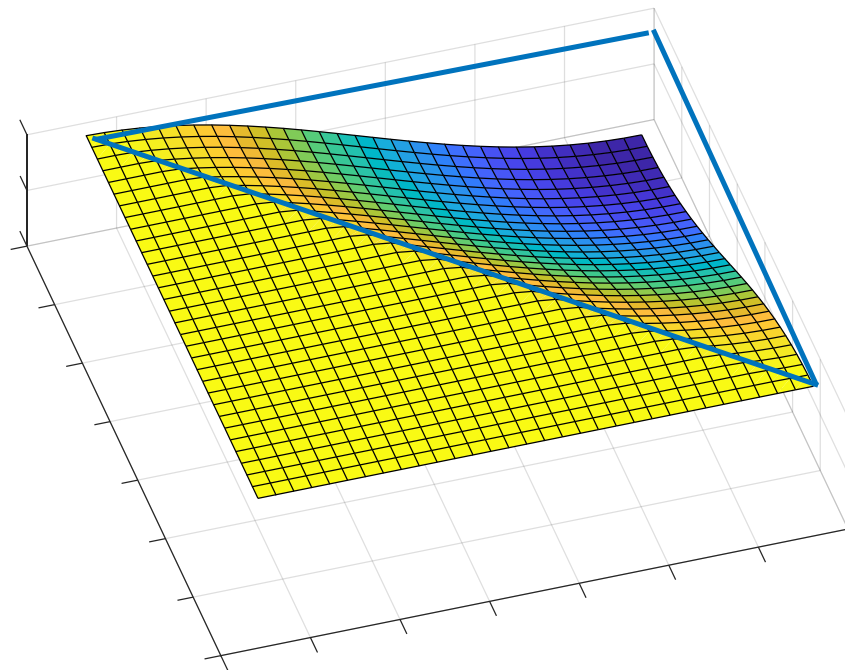
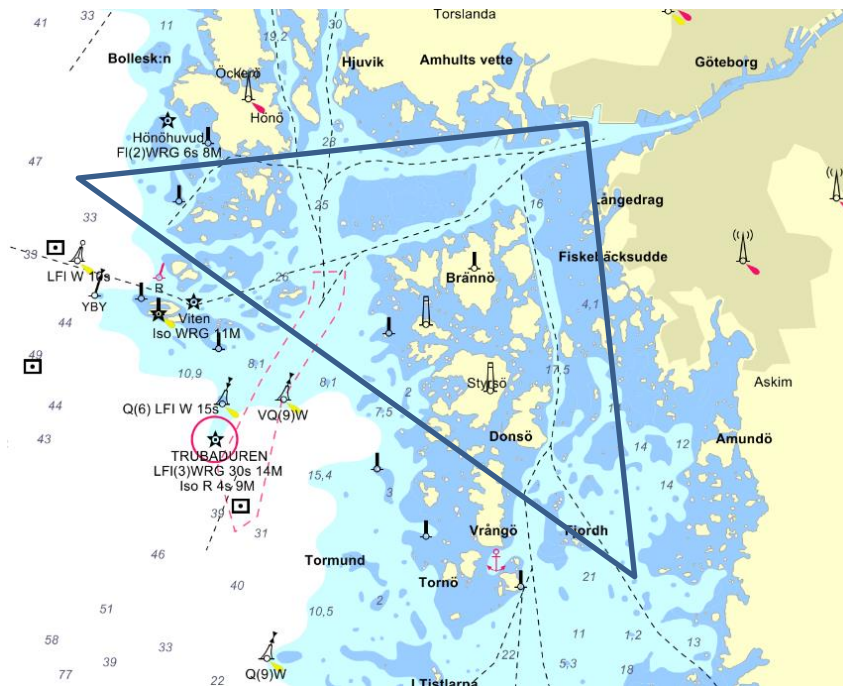
3.2.2 Seichen

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.

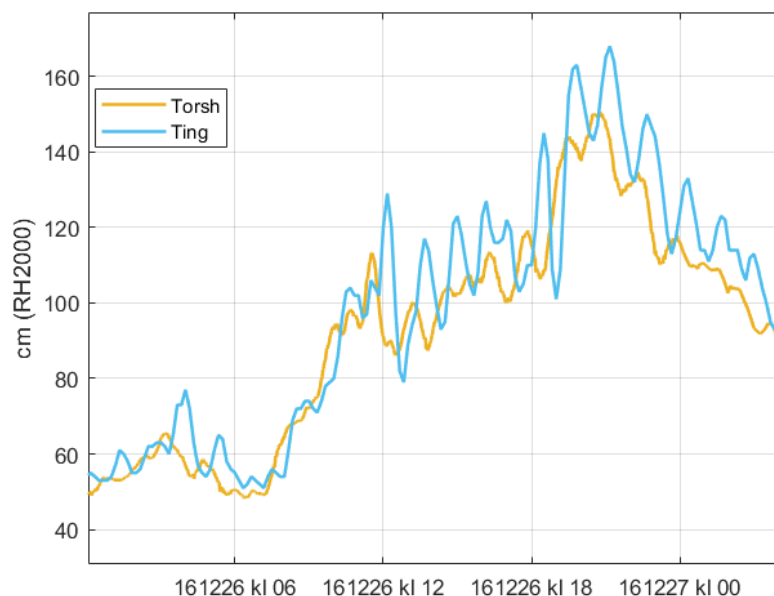
I en serie med timvisa observationer kan man inte se en seiche med en periodtid på 80 minuter. Göteborgs Stad har sedan några år mätningar i Göta Älv med hög frekvens, var 10:e minut eller oftare, och seichens amplitud är betydande i älven. Det är därför tack vare sistnämnda mätningar som seichens existens och betydelse blivit känd. SMHI har sedan 2003 haft högre obsfrekvens än timvis vid Torshamnen, 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.

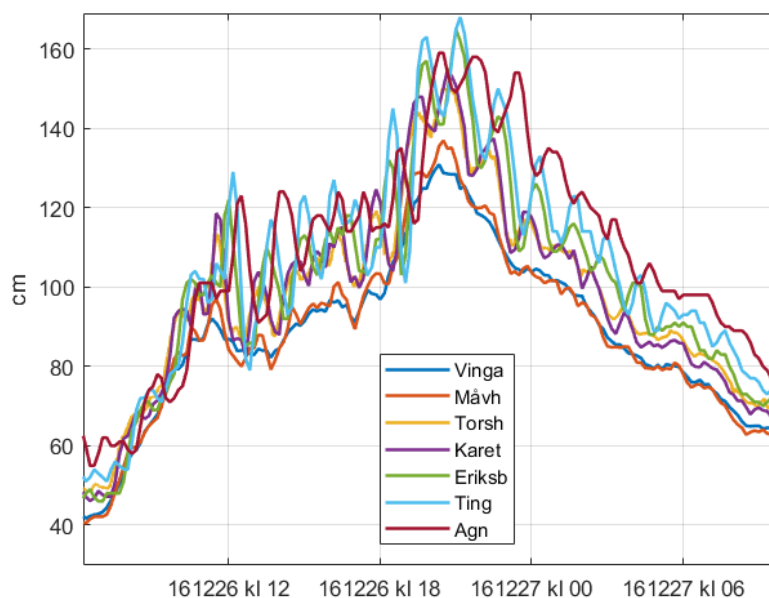
I Figur 3 visar vi ett exempel på en högvattenhändelse i kombination med en kraftig seiche. Vid tillfället passerade ett oväder, stormen Urd, varvid högt vattenstånd importerades till Göteborgsområdet. Vattenståndet steg 80 centimeter på tolv timmar. Vi kan se hur vattenståndet i stort sett följs åt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

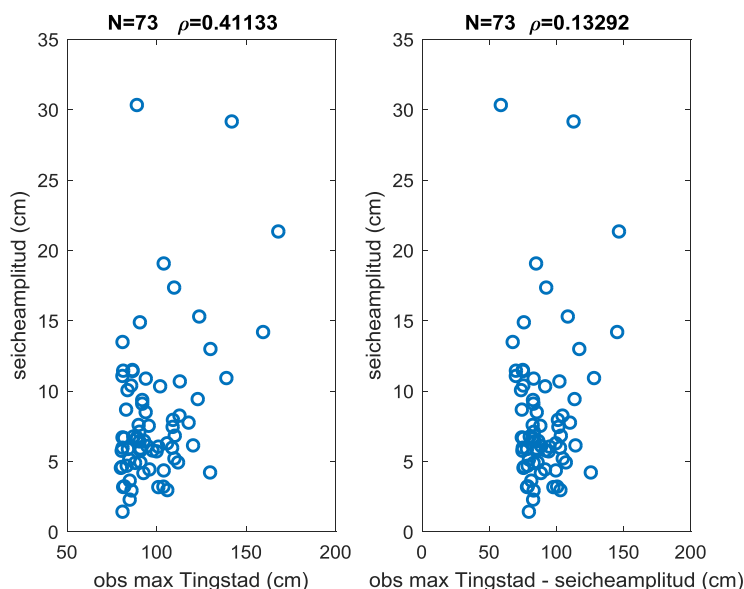
Figur 4 visar samma tillfälle, men med obsar från alla tillgängliga mätlokaler i samma diagram. Vi kan se att seichen knappt kan skönjas vid Vinga och Måvholmsbådan i yttre skärgården. Den är tydlig vid Torshammen och Karet och har högst amplitud vid lokalerna längs Göta Älv: Eriksberg, Tingstad och 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

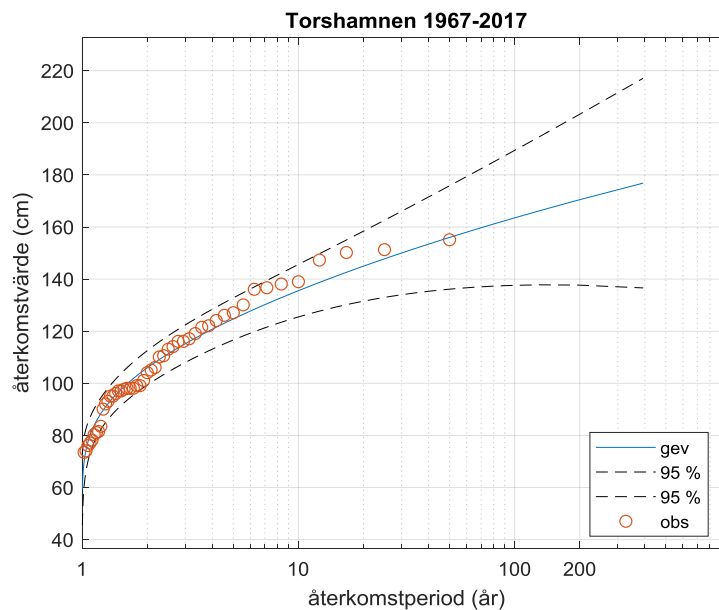
I Figur 6 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för högt vattenstånd i Torshamnen. Den valda fördelningsfunktionen är den generaliserade extremvärdesfördelningen, ”gev”. Vi har använt ett brutet år, juli till följande juni, för att ta ut årsmaxvärdena.

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.