

EXTREMVATTENSTÅND I MALMÖ

TITEL

Extremvattenstånd i Malmö

FÖRFATTARE

Maria Andersson och 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	Datum		Utfört av
02	2018-11-15	Granskad	Signild Nerheim, SMHI
03	2018-11-26	MSB Återkoppling	Lasse Johansson, SMHI

1 Bakgrund

SMHI har fått i uppdrag av MSB 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.

I Figur 1 visas det geografiska område som specificerats av MSB för Malmöområdet. På grund av olika vattenståndsdynamik inom området har det delats in i två områden. Förändringen i vattenståndskarakteristika sker där sundet smalnar av, dvs. ungefär vid Öresundsbron. Den röda linjen i figuren är inlagd av SMHI och visar således uppdelningen av Malmöområdet med ett område norr om bron och det andra söder om bron. I verkligheten handlar det inte om en linje utan en zon längs bron.



Figur 1. Geografiskt område för Malmöområdet specificerat av MSB. Den röda linjen är inlagd av SMHI och anger uppdelningen av Malmöområdet.

2 Resultat

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 ny politisk utveckling.

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.

2.1 Malmö norr om bron

Beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning anges i Tabell 1 för Malmö norr om bron.

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2100	223	228	291
Konfidensintervall 95 %	166 - 280	168 - 288	-

Tabell 1. Återkomstvärden i centimeter i RH2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd för Malmö norr om bron. Konfidensintervallet innehåller det riktiga värdet med sannolikheten 95 %. Högsta beräknade vattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram i SMHI:s havsnivåprojekt, kombinerat med värdet för FN:s angivna övre percentil för RCP8,5.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 anges i Tabell 2 nedan.

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd	147	152	Avsnitt 3.2.2
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (median)	74	74	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-10	-10	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	223	228	

Tabell 2. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 för Malmö norr om bron. TOTAL är värdena som anges i Tabell 1.

Den kombinerade osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i är beräknade, består av osäkerheten i klimatprognosen, osäkerheten i extremvärdesberäkningen, osäkerheten i mätningen samt en geografisk osäkerhet, se Tabell 3. För detaljer kring posten geografisk osäkerhet se Avsnitt 3.2.2.

Osäkerhetskälla	100 år	200 år
Klimatprognos	23	23
Extremvärdesberäkning	14	17
Mätning	3	3
Geografisk	10	10
Kombinerad osäkerhet	29	31

Tabell 3. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelse i vattenstånd i centimeter för Malmö norr om bron.

Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 anges i Tabell 4 nedan.

	Högsta beräknade havsvattenstånd	
Högsta nettohöjning Barsebäck	145	SMHI Klimatologi 45, 2017
Högsta vattenstånd före storm i Öresund norr om bron	46	SMHI Klimatologi 45, 2017
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-10	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	291	

Tabell 4. Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 för Malmö norr om bron. TOTAL är värdet som anges i Tabell 1. Högsta beräknade havsvattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram inom SMHI:s havsnivåprojekt.

2.2 Malmö söder om bron

Beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning anges i Tabell 5 för Malmö söder om bron.

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2100	217	222	290
Konfidensintervall 95 %	169 - 265	173 - 272	-

Tabell 5. Återkomstvärden i centimeter i RH2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd för Malmö söder om bron. Konfidensintervallet innehåller det riktiga värdet med sannolikheten 95 %. Högsta beräknade vattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram i SMHI:s havsnivåprojekt, kombinerat med värdet för FN:s angivna övre percentil för RCP 8,5.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 anges i Tabell 6 nedan.

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd	141	146	Avsnitt 3.2.3
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (median)	74	74	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-10	-10	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	217	222	

Tabell 6. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 för Malmö söder om bron. TOTAL är värdena som anges i Tabell 5.

Den kombinerade osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 5 är beräknade, består av osäkerheten i klimatprognosen, osäkerheten i extremvärdesberäkningen samt osäkerheten i mätningen, se Tabell 7.

Osäkerhetskälla	100 år	200 år
Klimatprognos	23	23
Extremvärdesberäkning	7	9
Mätning	3	3
Kombinerad osäkerhet	25	25

Tabell 7. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd i centimeter för Malmö söder om bron.

Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 anges i Tabell 8 nedan.

	Högsta beräknade havsvattenstånd	
Högsta nettohöjning Klagshamn	135	SMHI Klimatologi 45, 2017
Högsta vattenstånd före storm i Öresund söder om bron	55	SMHI Klimatologi 45, 2017
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-10	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	290	

Tabell 8. Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 för Malmö söder om bron. TOTAL är värdet som anges i Tabell 5. Högsta beräknade havsvattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram inom SMHI:s havsnivåprojekt.

2.3 Brozonen vid Lernacken

Högsta vattenstånd i brozonen, ett par kilometer på ömse sidor om bron, är alltid lägre än vattenståndet norr eller söder om bron (beroende på vilken sida högvattnet inträffar). Begränsande värden för extremvattenstånd i Brozonen tas därför från Tabell 1.

2.3.1 Lommabukten

Begränsande värden för extremvattenstånd i Lommabukten är värdena för Malmö norr om bron 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 medianvärdet 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 olika återkomstperioderna 100 och 200 år.
- Värdet $\sigma = 23$ cm är en av de tolkningar av 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.

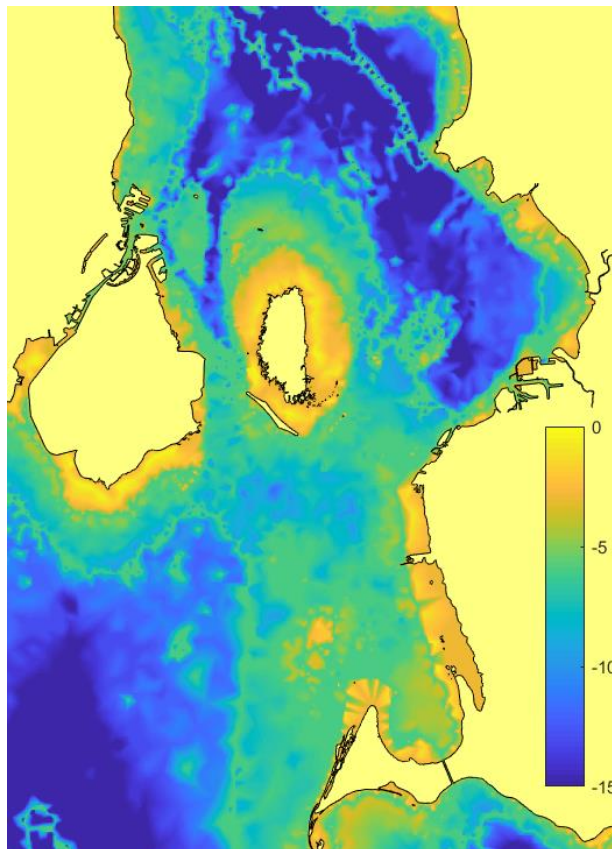
3.2 Återkomstvärden

3.2.1 Hydrografin i området

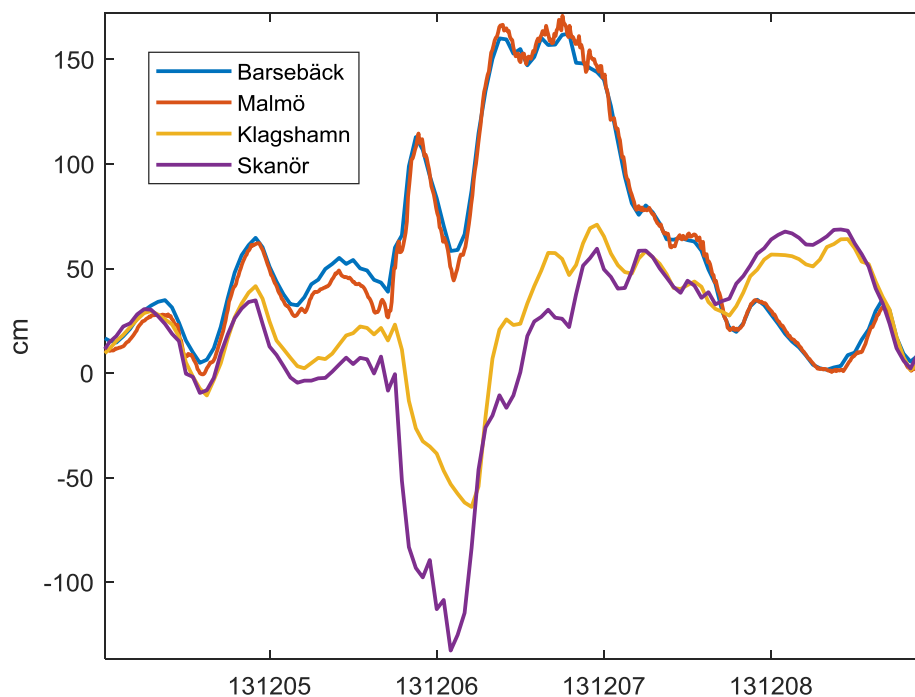
Vid höga vattenstånd söder om eller norr om Öresundsbron pressas stora vattenvolymer norrut respektive söderut över tröskeln mellan Lernacken och Pepparholm. Som vi kan se i Figur 2 är största djupet där åtta meter. Från Öresunds djupare och bredare delar accelereras vattnet in i denna förträngning. Acceleration kräver att vattenytan sjunker i strömriktningen. Det betyder att ett sorts vattenfall bildas i förträngningen, medan vattenytan på ömse sidor om vattenfallet är jämförelsevis plan.

Vid en högvattenhändelse i norra Öresund stiger vattenytan enhetligt norr om Öresundsbron, för att vid bron brant sjunka och sedan åter plana ut söder om bron. Vid ett högvatten i södra Östersjön blir förloppet det motsatta med relativt konstant vattenstånd norrut till bron, brant vattenfall och sedan förhållandevis konstant vattenstånd norr om bron och vidare norrut i Öresund.

Av denna anledning samvarierar vattenståndet *vid högvatten* i Malmö väl med det i Barsebäck, men inte med vattenståndet i Klagshamn. Ett typiskt exempel på detta ser vi i Figur 3.



Figur 2. Djupkarta över södra Öresund. Färgen är djupet. Djupskalan har beskurits vid 15 m för att framhäva detaljer på grundare djup. Öresunds grundaste område 0-8 m återfinns mellan Lernacken och Pepparholm, där Öresundsbron går, och vidare på danska sidan till Amager. Lägga märke till det betydligt större djupet mellan Barsebäck och Malmö, samt att grundpartiet i Lommabukten är relativt smalt. Bilden har framställts från sjökortsdata.



Figur 3. Exempel på en högvattenhändelse. Vattenståndet i Malmö och Barsebäck samvarierar starkt. Vattenståndet i Klagshamn söder om bron är helt annat än norr om den. Vattenstånden i Klagshamn och Skanör samvarierar tydligt, förutom vid mycket lågt vattenstånd. Höjdsystem RH2000 utom för Malmö.

3.2.2 Återkomstvärden för vattenstånd i Malmö norr om Öresundsbron

Vi saknar en lång serie med pålitliga observationer i Malmö. Vi har därför valt att använda observationer från Barsebäck, som är en pålitlig mätning med relativt många observationsår, vilket ger ett acceptabelt material att beräkna återkomstvärden från.

För att skatta den osäkerhet det medför att använda observationer från Barsebäck för att ta fram statistik för Malmö, har vi undersökt samtidiga mätningar på dessa lokaler under ett antal högvattenhändelser.

Vi kan konstatera att avvikelserna mellan Barsebäck och Malmö uppgår till runt tio centimeter, vilket vi tar hänsyn till genom att inkludera en *geografisk osäkerhet* i beräkningen av den kombinerade osäkerheten.

Problemet med observationerna i Malmö är att de är av låg kvalitet. Mätssystemet har bestått av tre oberoende vattenståndsgivare. Vi har för projektets räkning köpt in data från de tre givarna. Vattenståndsgivarna är inte tillräckligt noggrant inmätta i ett höjdsystem, RH2000 eller annat system med känd nollpunkt som kan räknas om till RH2000.

Vidare är givarna inte stabila, utan har fel vilka varierar över tid. Felet ändras ibland momentant som en följd av att nollpunkten justerats manuellt. Dessa ändringar är lätta att se när tidsserien från en enskild givare undersöks. Till detta kommer ett fel som ändras långsamt och som beror på att mätsystemets nollpunkt driver – ökar eller minskar – med tiotals centimeter under tidsskalan månader eller mer. Vi kallar denna långsamma ändring för *givardrift*. (Den kan upptäckas genom att studera medelvärden av vattenstånd i Malmö, veckovis eller månadsvis, med samtidiga medelvärden från Barsebäck, som är fria från givardrift.)

För att vi ska kunna använda Barsebäckhögvatten som en approximation av Malmöhögvatten måste vi ha samtidiga observationer av högvatten på båda lokalerna. Längre tidsavsnitt av Malmöobservationerna kan inte användas för detta ändamål. Vi har därför undersökt skillnaden mellan Barsebäck och Malmö under ett tiotal högvattenhändelser, vilka har en varaktighet på upp till tio timmar. Vi har kontrollerat att nollpunkten inte justerats under en pågående händelse, och vi vet att givardriften är så långsam att felet utvecklas obetydligt på dygnsskala.

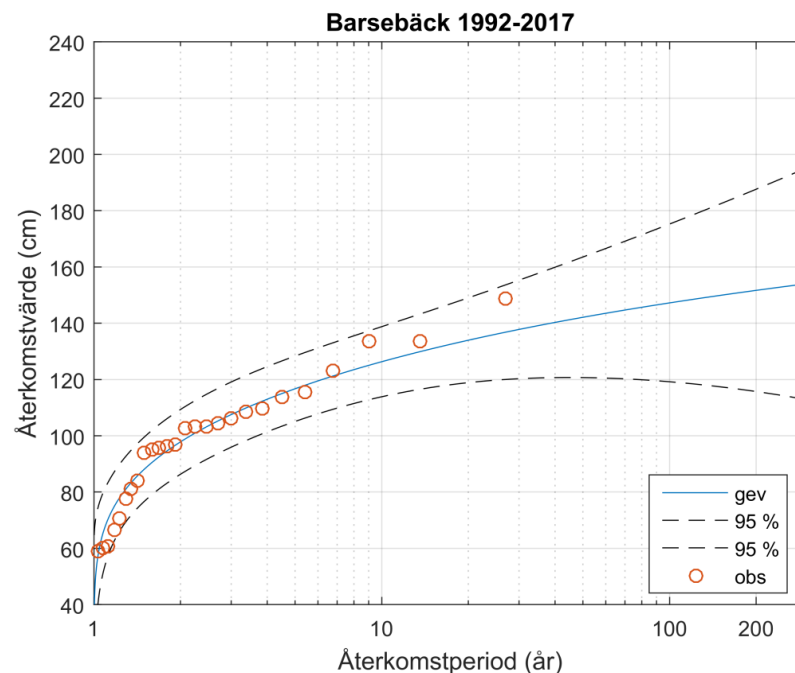
- Sammanfattningsvis kan vi, från en kortare period samtidiga mätningar i Malmö och Barsebäck, dra slutsatsen att vattenståndet inte skiljer sig med mer än 5-10 cm mellan platserna under högvattenhändelser.

För att beräkna återkomstvärden gällande för Malmö norr om bron har vi analyserat de 26 årsmaxen av observationerna i Barsebäck. I Figur 5 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för höga vattenstånd. Den fördelningsfunktion som bedömts passa bäst till observationerna är en generaliserad extremvärdesfördelning ”gev”. Årsmax har beräknats från brutna år; juli-juni.

Återkomstvärdet för 100 års återkomsttid har beräknats till 147 cm över medelvattenståndet. Ett tillhörande 95-procentigt konfidensintervall har beräknats till 120-174 cm, vilket betyder att det med 95 % sannolikhet innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid har återkomstvärdet beräknats till 152 cm över medelvattenståndet och ett 95-procentigt konfidensintervall mellan 119-185 cm.

Valet av fördelningsfunktion är i viss mån godtyckligt. Vanligen används den fördelning som bedöms passa bäst till dataunderlaget men det är sällan ett entydigt val. I SMHI:s rapport ”Framtida havsnivåer i Sverige” (Nerheim m.fl., 2017) kan man se att återkomstvärdet varierar något beroende på vilken extremvärdesfördelning som väljs. Konfidensintervallens vidd varierar likaså. Det finns även olika sätt att passa den valda fördelningen till det föreliggande stickprovet, vilket ger skilda resultat.



Figur 4. Beräknade återkomstvärde vid olika återkomsttider (blå) baserat på data från Barsebäck för perioden 1992-2017. Streckade linjer anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Cirklarna visar observerade årsmax vid Barsebäck. Återkomstvärdena anges relativt medelvattenståndet.

3.2.3 Återkomstvärden för vattenstånd i Malmö söder om Öresundsbron

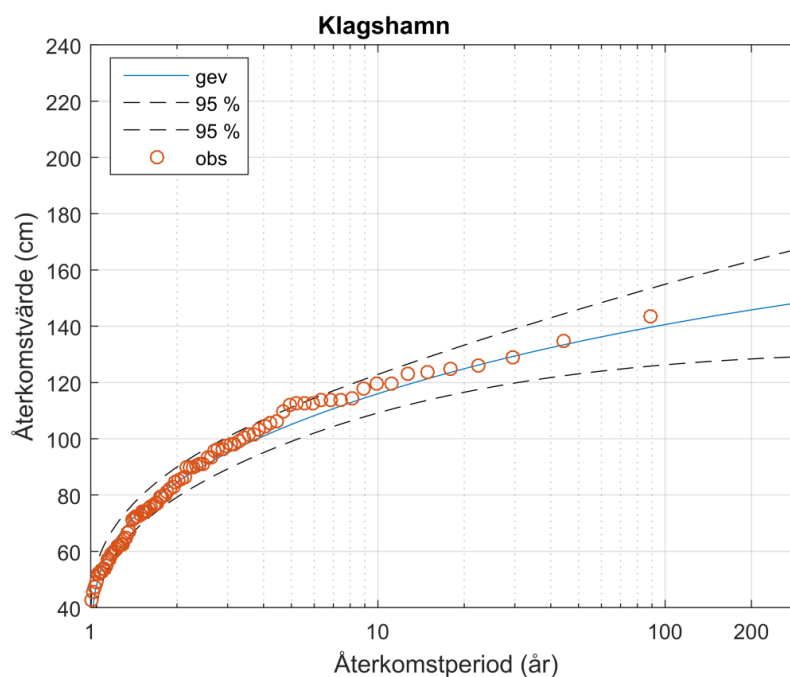
Området i Malmö söder om Öresundsbron är litet och ligger nära SMHI:s mätlokal i Klagshamn. Vi antar att observationerna är representativa för området Bunkeflostrand-Klagshamn, men inte för Lernackenområdet närmast bron.

För att beräkna återkomstvärden för Malmö söder om bron har vi analyserat 76 årsmax av observationerna från Klagshamn. I Figur 5 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för höga vattenstånd. Den fördelningsfunktion som bedömts passa bäst till observationerna är en generaliserad extremvärdesfördelning "gev". Årsmax har beräknats från brutna år; juli-juni.

Återkomstvärdet för 100 års återkomsttid har beräknats till 141 cm över medelvattenståndet. Ett tillhörande 95-procentigt konfidensintervall har beräknats till 127-155 cm, vilket betyder att det med 95 % sannolikhet innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid har återkomstvärdet beräknats till 146 cm över medelvattenståndet och ett 95-procentigt konfidensintervall mellan 128-164 cm.

Konfidensintervallen för återkomstvärdena i Klagshamn är smalare än motsvarande intervall för återkomstvärdena för Barsebäck. Det beror på att mätserien i Klagshamn är drygt tre gånger längre än Barsebäcksserien; 76 respektive 26 år.



Figur 5. Beräknade återkomstvärde vid olika återkomsttider (blå) baserat på data från Klagshamn för perioden 1930-2017 utom 1930, 1937-1943, 1946-1953, 1956-1958. Streckade linjer anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Cirklarna visar observerade årsmax vid Klagshamn. Återkomstvärdena anges relativt medelvattenståndet.

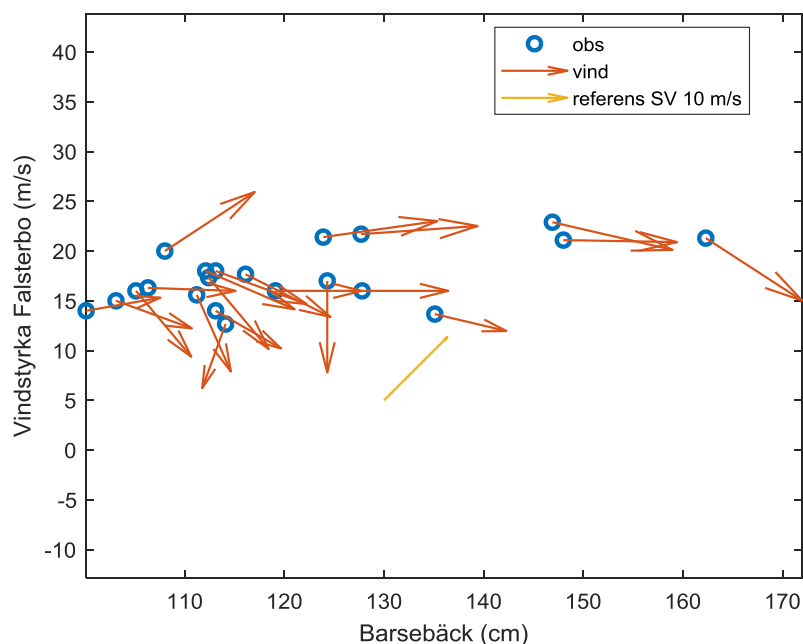
3.2.4 Återkomstvärden för vattenstånd i Lomma-Bjärred

Återkomstvärdena för Malmö norr om bron gäller även i Lommabukten.

Hur kommer vi fram till det? Man skulle ju kunna tänka sig att vatten pressas in i Lommabukten vid högvattentillfällena och ger ett signifikant högre vattenstånd där,

jämfört med i Barsebäck som ligger på en udde som sticker ut i Öresund. För att besvara frågan har vi studerat vinden under ett antal högvattentillfällen, Figur 6. Bilden visar att vindriktningen vid högvatten oftast är västlig. Den visar också att

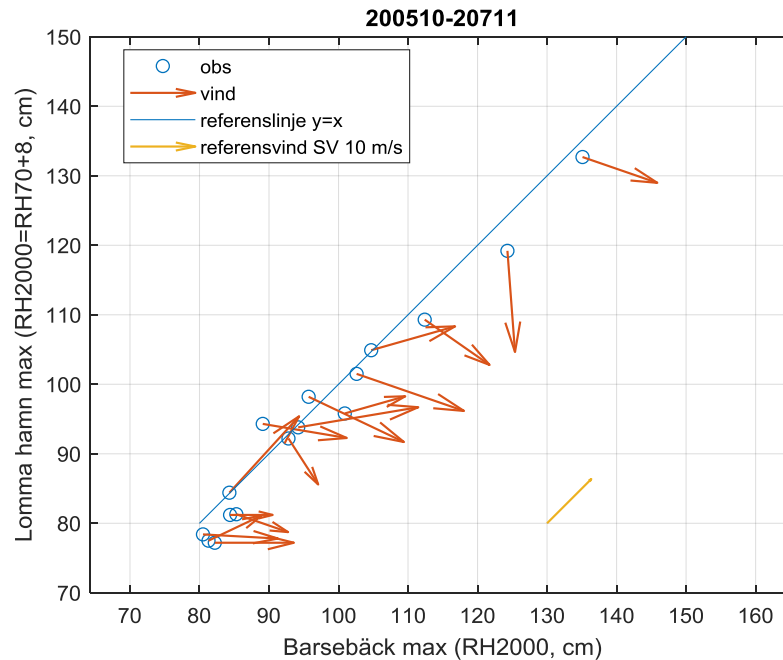
- det inte finns något starkt samband mellan högvattennivå och vindstyrka; den senare är 15-20 m/s för alla högvattennivåer från 100 till 160 cm.



Figur 6. Bilden visar 21 oberoende högvattentillfällen 1993-2017. Varje ring visar maximal vindstyrka i Falsterbo, y-axeln, inom tre timmar innan högsta vattenstånd i Barsebäck, x-axeln. Dessutom har motsvarande vindpil ritats ut så att vi kan se vindriktningen också. Den gula pilen är en referenspil som visar sydväst 10 m/s.

Vi har tillgång till en kort mätserie från hösten 2005 till hösten 2007 från Lomma hamn som Lomma kommun låtit göra. I Figur 7 ser vi högsta vattenstånd i Lomma Hamn inom tre timmar från ett antal högvattenstånd i Barsebäck. Mätningarna i Lomma utfördes i RH70. (Vi har omvandlat till RH2000 genom att öka med 8 centimeter.) Vinden markeras med en pil per högvattenpar. Slutsatsen av observationerna är

- att det är lika högt högvatten i Lomma som i Barsebäck; skillnaden är några centimeter, och
- att vindstyrkan vid tillfällena är runt 15 m/s, vindriktningen oftast västlig, och alltså
- att återkomstvärdena för Malmö norr om bron även gäller i Lommabukten.



Figur 7. Högsta vattenstånd i Lomma Hamn inom 3 timmar från vattenståndsmax i Barsebäck. Figuren innehåller de 16 Barsebäckmaxen över 80 cm i tidsperioden 2005-10 till 2007-11.

Lomma kommuns miljökoordinator skrev 2007 i ett brev till SMHI: ”Från Julstormen 1902 finns uppgifter på ett vattenstånd i hamnen på 2,06 m över medelvattenståndet. Uppgifterna har vi inte kunnat finna i några officiella dokument utöver artiklar och det faktum att det finns 3 minnesstenar på olika ställe med vattenståndet angivet.”

Julstormen 1902 var en av de svåraste under 1902, särskilt i Sydsverige. Den finns belagd med en rad observationer av lufttryck och vindstyrka och genom sina skadeverkningar (se ”Julstorm” i referenslistan). Bland annat skadades järnvägen Malmö-Limhamn, som löpte strandnära, svårt. Vi har dock inte lyckats finna någon pålitlig mätning av vattenståndet i Malmö eller Lomma från tillfället. Om vattenståndet hade varit uppåt 200 cm över medelvattenståndet i Malmö, vilket förefaller möjligt med tanke på det korta avståndet till Lomma, borde det ha resulterat i betydande förödelse i Malmö med åtföljande skildringar i pressen. Våra – få – källor uppmärksammar emellertid inte alls några skador i Malmö. Vi drar slutsatsen, tills bättre belägg föreligger, att antingen var det extrema högvattnet i Lomma koncentrerat just dit medan vattenståndet var betydligt lägre, vilket verkar mindre sannolikt, eller också är det rapporterade vattenståndet 206 cm över medelvattenståndet i Lomma betydligt överdrivet. Ytterligare en möjlighet är att värdet 206 cm inte räknats från medelvattenståndet utan från en annan nollnivå.

3.2.5 Återkomstvärden för vattenstånd i grundområdet vid Lernacken

Som vi nämnde inledningsvis sker övergången från högt vattenstånd till lägre i det grunda broområdet. Hur blir extremvärdena i denna zon, alltså Lernackenområdet? Vi har inga observationer från Lernacken, men vi kan resonera som följer. Om det är ett extremt högvatten norr om zonen, låt oss säga årshögsta ett visst år, så är vattenståndet på södra sidan lägre. I zonen sker övergången från högt till lägre. Där är alltså lägre vattenstånd än i norr.

Vid högvatten söder om bron blir resonemanget analogt, och slutsatsen densamma; vattenståndet i brozonen är lägre än extremvattenståndet. Eftersom området norr om bron har något högre återkomstvärden ska vi ta dem som begränsande.

Slutsatsen är att

- brozonen – Lernacken – har lägre återkomstvärden än Malmö norr om bron
- gissningsvis är skillnaden något tiotal centimeter.

3.3 Observationer i Malmötrakten

I närheten av Malmö har SMHI pågående mätningar av havsvattenstånd i Barsebäck och Klagshamn. SMHI har även historiska mätningar av vattenstånd vid två platser i Malmö. Därtill utför Sjöfartsverket mätningar i Malmö Hamn.

Mätserierna från Barsebäck, Malmö och Klagshamn har analyserats och jämförts för att undersöka möjligheten hur de på bästa sätt kan användas för Malmöområdet. En översiktlig karta över mätstationerna i Malmöområdet visas i Figur 8.



Figur 8. Översiktlig karta med SMHI:s vattenståndsstationer Barsebäck, Malmö Oljehamn, Malmö och Klagshamn, Sjöfartsverkets vattenståndsstation i Malmö Hamn, samt vindstationen Falsterbo A.

3.3.1 Barsebäck

Närmast norr om Malmö ligger SMHI:s mätstation vid Barsebäck. Mätningarna vid Barsebäck påbörjades redan 1937. Fram till 1982 registrerades endast dygnsvärden, vilket bl.a. medför att högvattenhändelser underskattas och inte kan användas vid extremvärdesanalys. Från slutet av april 1982 registrerades vattenståndet varje timme men dessvärre är det ett avbrott i mätserien från november 1982 till juni 1992. Från juni 1992 till december 2017 har mätserien vid Barsebäck en datatillgänglighet på 99,3 % och är den period som används för vidare analyser.

Det högsta vattenståndet vid Barsebäck har uppmätts till 151 cm relativt medelvattenytan (baserat på timobservationer) och registrerades den 6 december 2013.

3.3.2 Klagshamn

Mätningarna i Klagshamn startade i november 1929. Data från 1931 används i denna analys. På grund av mätavbrott i Klagshamn under vintermånaderna har följande år utelämnats ur analysen: 1937-1943, 1946-1953, 1956-1958.

Mätstationen vid Klagshamn är den station som bedöms vara mest representativ för Malmöområdet söder om bron.

Som högst har vattenståndet vid Klagshamn uppmätts till 147 cm relativt medelvattenytan och inträffade den 4 januari 2017.

Peglarna i Barsebäck och Klagshamn består av en brunn i betong förbunden med havet via ett rör som mynnar några meter under havsytan. Konstruktionen gör att kortperiodiska vågrörelser dämpas och möjliggör att mäta vattenståndet även vid is. Peglarna är vid upprepade tillfällen inmätta i rikets höjdsystem vilket betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

3.3.3 Sjöfartsverkets Malmömätningar

Sjöfartsverket har pågående mätningar vid Malmö Hamn. Observationer finns från oktober 2010 och framåt. Mätningarna görs av tre givare placerade på samma ställe. Givarna ger olika nivåer. Det förekommer även en del spikar och mätavbrott. Givarna är inte pålitligt inmätta i något fixt höjdsystem. Nollpunkten för respektive givare ändras ibland plötsligt (efter manuellt ingripande) och gradvis på grund av att givarnas nollnivå driver.

3.3.4 Malmö Oljehamn

Det har konstaterats att SMHI:s mätningar vid Malmö Oljehamn, som pågick under perioden 1996-2000, är av osäker kvalitet framförallt avseende höjdsystem. Därtill är mätserien väldigt kort.

3.3.5 Malmö 1924-1963

Från den andra av SMHI:s mätstationer i Malmö finns observationer från perioden 1924-1963. Mätningarna har inte full kvalitet varför de inte använts här.

3.4 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Malmö är ca 0,9 mm/år. Landhöjningen är beräknad av Lantmäteriet med nya landhöjningsmodellen NKG2016LU (se SMHI Klimatologi 41, 2017).

3.5 Högsta beräknade havsvattenstånd

Högsta beräknade havsvattenstånd togs fram till Klimatologirapport nummer 48 (Nerheim m.fl. 2017). Metodiken beskrivs i detalj i Schöld m.fl. (2017). 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 Malmö har beräknats utifrån högsta nettohöjning för Barsebäck respektive Klagshamn för norr respektive söder om bron, samt det högsta vattenståndet före stormen för havsbassängen (Schöld m fl. 2017). Högsta beräknade havsvattenståndet för Malmö har skattats till 191 cm relativt medelvattenståndet norr om bron och till 190 cm relativt medelvattenståndet söder om bron.

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.

Julstormen 1902. Sök på www.smhi.se efter ”julstorm 1902”.

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) Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust. Klimatologi Nr 41.