

EXTREMVATTENSTÅND I ÅHUS

TITEL

Extremvattenstånd i Åhus

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

2018-09-26
2018-11-26

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 Åhus.

2 Resultat

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

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
skattat värde år 2100	202	209	253
konfidensintervall 95 %	155 till 249	162 till 257	-

Tabell 1. Åhus. 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.

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.

Resultatet gäller för området i Figur 1. Skillnaderna i vattenstånd mellan olika platser vid högvatten kan vara högst några centimeter.

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

	100 år	200 år	
återkomstvärde i medelvattenstånd	128	135	Avsnitt 3.2.4
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	14	14	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-14	-14	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	202	209	

Tabell 2. Åhus. 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	6	7
mätning	3	3
kombinerad osäkerhet	24	24

Tabell 3. Åhus. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd, centimeter.

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

högsta nettohöjning Kungsholmsfort	100	SMHI Klimatologi 45, 2017
högsta vattenstånd före storm i Östersjön	55	SMHI Klimatologi 45, 2017
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	14	SMHI Klimatologi 45, 2017
global höjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-14	SMHI Klimatologi 45, 2017
TOTAL	253	

Tabell 4. Åhus. Posterna i beräkningen av ”beräknat högsta havsvattenstånd”. Vi har använt samma värden som i Karlskrona, se avsnitt 3.4 nedan. 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:

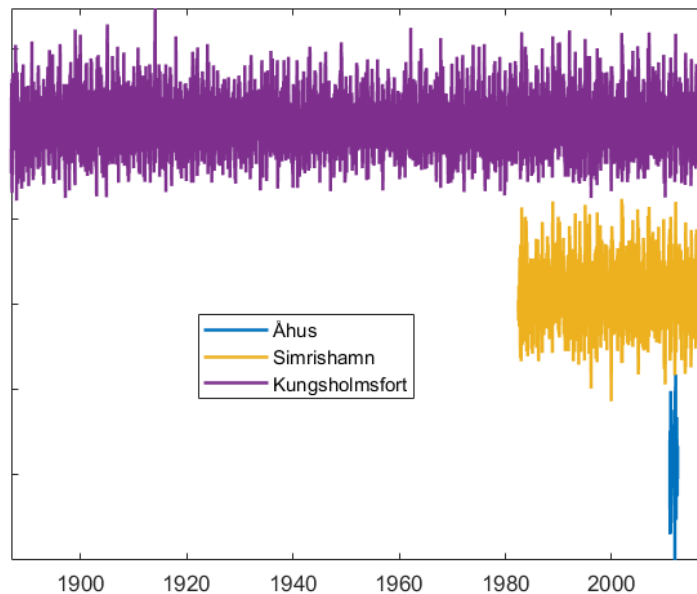
- Vi antar att medelvattenståndet 2100, kallat X, är en stokastisk variabel.
- Vi väljer den lägre sannolikheten i klimatpanelens trolighetsdefinition: 66 %.
- X är alltså en normalfördelad stokastisk variabel vilken med sannolikheten 66 % ligger i intervallet 52-98 cm vilket betyder att den har standardavvikelsen $\sigma = 23$ 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

De vattenståndsobservationer vi studerat visas i Figur 2.



Figur 2. Översikt över observationernas utsträckning i tid.

3.2.1 Observationer i Åhus

3.2.1.1 Observationer 1919-1949

SMHI har observationer från Åhus 1919-1949. Tyvärr är dessa av låg kvalitet och därtill gjorda endast en gång per dygn. Vi har därför inte kunnat nyttiggöra dem i detta projekt.

3.2.1.2 Observationer 2011-2012

SMHI hade en tillfällig pegel i Åhus 2011-2012. Observationernas tidsutsträckning visas i Figur 2. Pegeln var inmätt i RH2000. Den var placerad vid lotsstationen i Åhus hamn. Dataåterbäringen är 100 %.

3.2.2 Observationer i Karlskrona vid Kungsholmsfort

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd vid Kungsholmsfort som startade 1 december 1886, se Figur 2. 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 99,55 %, nästan inga data saknas alltså. Pegeln är upprepade gånger inmätt i rikets höjdsystem. Det betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

3.2.3 Observationer i Simrishamn

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd i Simrishamn som startade 1982, se Figur 2. 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 99,99 %, nästan inga data saknas alltså. Pegeln är upprepade gånger inmätt i rikets höjdsystem. Det betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

3.2.4 Beräkning av återkomstvärden

Eftersom observationsperioden i Åhus är så kort – den täcker bara en enda vintersäsong 2011-2012 – kan vi inte begränsa oss till att söka ett samband mellan årsmaxvattenstånd i Åhus och motsvarande på grannlokalerna Karlskrona/Kungsholmsfort och Simrishamn. Vi skulle bara få ett högvattentillfälle att grunda vårt samband på. Istället har vi valt ut ett antal tillfällen som ligger över en viss tröskelnivå (40 cm i medelvattenstånd) och med minsta tidsavstånd mellan två högvatten på en vecka. Vi får då ett stickprov på tio högvattenhändelser. Urvalet är inte optimalt eftersom vi förmodligen har ett visst beroende mellan några av händelserna som ligger nära varandra i tid, men å andra sidan ger ett strängare urval ett mindre stickprov, vilket i sin tur ger ökad osäkerhet som resultat.

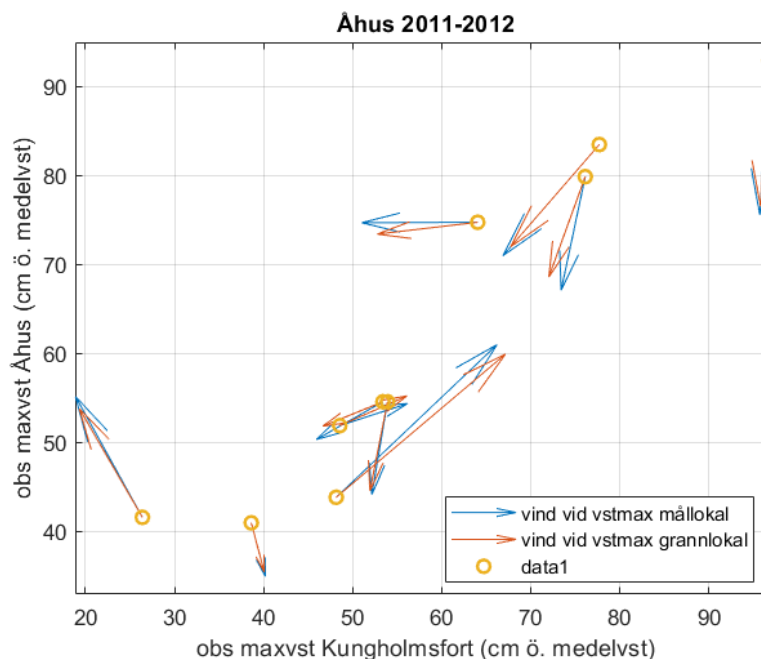
Vi har provat att relatera vattenståndsmax i Åhus till dito i Simrishamn och Karlskrona. Vi finner att paret Åhus-Karlskrona ger bäst resultat. Karlskrona har dessutom många fler mätår (Figur 2) vilket ger en säkrare skattning av återkomstvärdena.

Förutom vattenståndet i Karlskrona använder vi den geostrofiska vinden i vår modell, då det visar sig att den förbättrar modellens noggrannhet. Den geostrofiska vinden beräknades från lufttrycksobservationer i Lund, Göteborg och Visby från 1879 till 2017 gjorda i huvudsak tre gånger per dygn: kl. 06, 12 och 18 UTC.

Mot användandet av den geostrofiska vinden kan man anföra att den har ganska låg tidsupplösning (tre per dygn, vilket vi interpolerat till timvärden), samt att den representerar ett medelvärde över inlandsområdet i triangeln med hörn på nämnda orter, inte vinden över Hanöbukten, vilket man hade önskat.

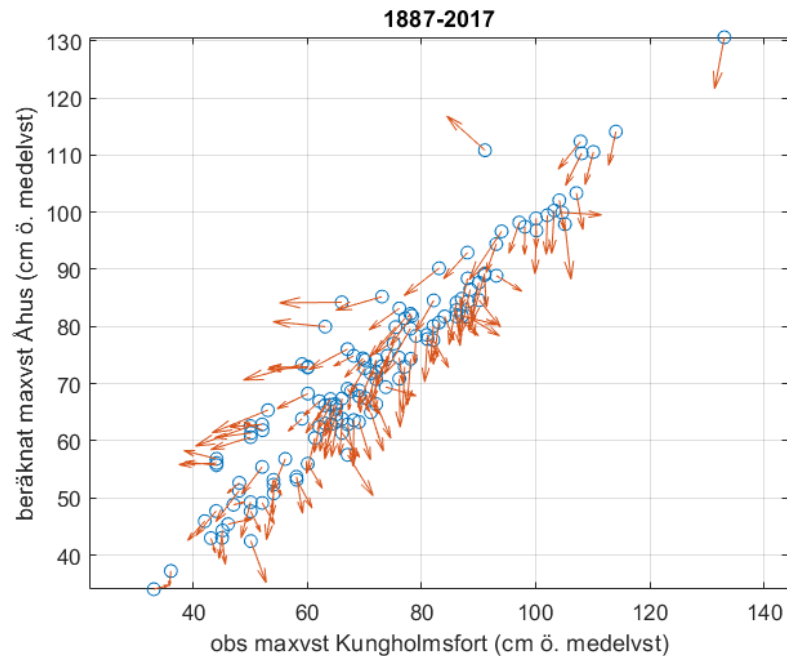
För användandet av denna vind talar att den inte störs av lokala förhållanden, vilket alla marknära vindobservationer gör, exempelvis de här aktuella SMHI-stationerna Hanö och Skillinge, samt att den finns och har mätts på samma sätt ända sedan 1879.

Det starkaste skälet att använda den geostrofiska vinden är att det visar sig att den förbättrar noggrannheten i vår modell för vattenståndet i Åhus. Figur 3 visar stickprovet vattenståndsobservationer, inklusive vinden.



Figur 3. Tio observerade högvatten i Åhus mot motsvarande i Karlskrona (gul ring, cm relativt medelvattenståndet). Pilarna visar vindens styrka och riktning (pil nedåt = nordlig vind, pil åt vänster = ostlig vind). Blå pil är vinden vid vattenståndskulmen i Åhus. Röd pil vinden vid kulmen i Karlskrona.

När vi funnit en tillfredsställande regressionsmodell från observationerna, tillämpar vi den genom att låta den beräkna maxvattenstånd i Åhus från 131 observerade maxvattenstånd i Karlskrona och motsvarande geostrofiska vindvärden. Vi får resultatet i Figur 4.



Figur 4. De beräknade maxvattenstånden i Åhus mot motsvarande observerade vid Kungsholmsfort, blå ringar. Röda pilar visar vindens styrka och riktning vid kulmen i Kungsholmsfort.

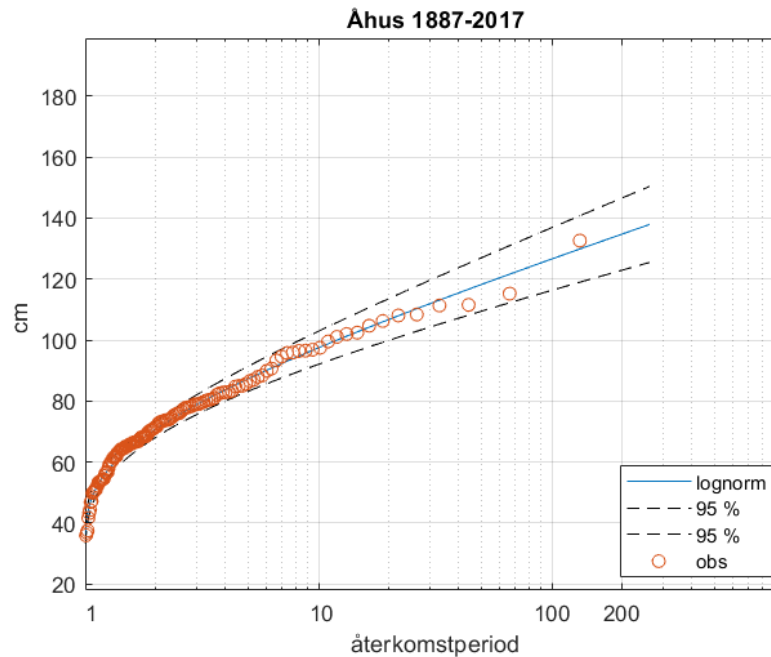
För att undersöka höga havsvattenstånd har vi gjort en statistisk analys av mätserien. I Figur 5 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för högt vattenstånd.

Återkomstvärdet är 128 cm över medelvattenstånd för återkomsttiden 100 år. Ett 95-procentigt konfidensintervall är 117-138 cm, vilket betyder att det med sannolikheten 95 % innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid är återkomstvärdet 135 cm och konfidensintervallet 122-148 cm.

Figur 5 visar passningen av fördelningsfunktionen, en lognormalfördelning, till observationerna. Vi har använt ett brutet år, juli till följande juni.

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 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.



Figur 5. Beräknat återkomstvärde vid olika återkomsttid, blå kurva. Streckade kurvor anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Ringarna visar observerade årsmax. Höjdsystem: Lokalt medelvattenstånd.

3.3 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Kristianstad är 1,3 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.

Den ytterst korta observationsserien i Åhus medger inte någon beräkning av ”Högsta beräknade havsvattenstånd”. Istället har vi använt värdet för Kungsholmsfort, 155 cm över medelvattenståndet (Schöld m.fl. 2017). Detta stöds av det samband som hittats mellan Åhus och Kungsholmsfort.

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.
- Wern, L. och Barring, L. (2009) Sveriges vindklimat 1901-2008: Analys av trend i geostrofisk vind. (Meteorologi). SMHI.