

EXTREMVATTENSTÅND I TRELLEBORG

TITEL

Extremvattenstånd i Trelleborg

FÖRFATTARE

Signild Nerheim, 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
01	2018-11-20	Granskad	Maria Andersson, SMHI
02	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.



Figur 1. Geografiskt område vid Trelleborg specificerat av MSB.

2 Resultat

Beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning anges i Tabell 1.

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2100	237	248	304
Konfidensintervall 95 %	183 - 290	190 – 305	-

Tabell 1. Återkomstvärden i centimeter i RH2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd för Trelleborg. 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.

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 markerat i Figur 1. Skillnaderna i vattenstånd mellan olika platser vid högvatten kan vara några centimeter.

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

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd	157	168	Avsnitt 3.2.2
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	13	13	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (median)	74	74	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-7	-7	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	237	248	

Tabell 2. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 för Trelleborg. TOTAL är värdena som anges i Tabell 1.

Den kombinerade osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 1 är beräknade, består av osäkerheten i klimatprognosen, osäkerheten i extremvärdesberäkningen samt osäkerheten i mätningen, se Tabell 3.

Osäkerhetskälla	100 år	200 år
Klimatprognos	23	23
Extremvärdesberäkning	12	16
Mätning	5	5
Geografisk osäkerhet	7	7
Kombinerad osäkerhet	27	29

Tabell 3. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd i centimeter för Trelleborg. Den geografiska osäkerheten har lagts till för att ta höjd för att våra data kommer från Ystad, inte från Trelleborg.

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

	Högsta beräknade havsvattenstånd	
Högsta nettohöjning Trelleborg	145	SMHI Klimatologi 45, 2017
Högsta vattenstånd före storm i södra Östersjön	55	SMHI Klimatologi 45, 2017
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	13	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-7	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	304	

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

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 RCP8.5 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 normalfördelad 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 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.

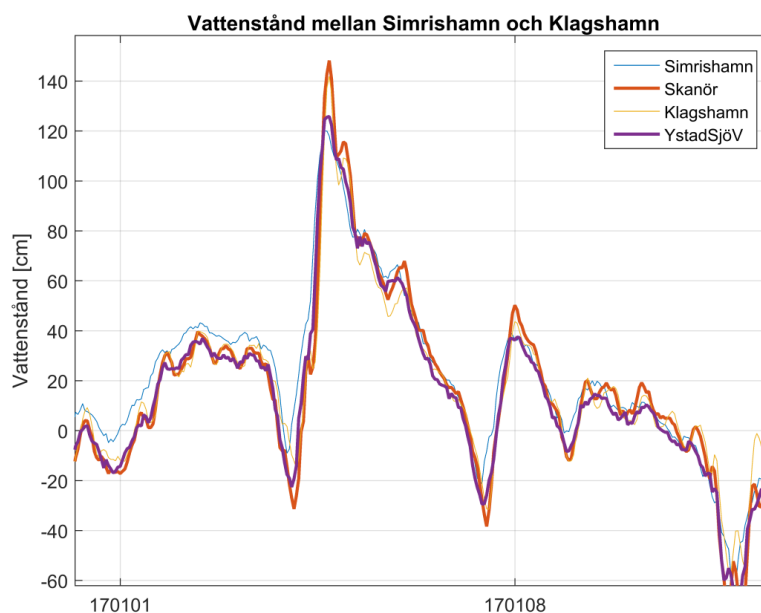
Kunskapsutvecklingen inom detta område är snabb. Allt fler observationer blir tillgängliga och används och mycket annat arbete på att förbättra skattningarna utförs. Den politiska utvecklingen i världen gör att en del tidigare scenarier blir mindre troliga, andra mer troliga. Möjligen måste helt nya 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 Vilken mätlokal representerar bäst Trelleborg?

Trelleborg ligger mellan Skanör på Falsterbonäset där SMHI mätt vattenstånd sedan 1992, och Ystad, där det finns en mätserie från 1886 till 1986. Vi har inte kunnat finna några observationer från Trelleborg och har därför sökt stöd i de data som finns och tidigare arbete. Trelleborg ligger c:a 20 km öster om Skanör och 60 km väster om Ystad. En övergripande jämförelse av mätdata på sträckan visar att det är genomgående god samvariation från Simrishamn, nordost om Ystad till Klagshamn norr om Skanör. Fredriksson m.fl. (2016) har jämfört korrelationen mellan Ystad och Klagshamn och Skanör och Klagshamn, och har skattat att årets högsta vattenstånd vid Skanör i medeltal är 7,7 cm högre än årets högsta vattenstånd vid Ystad. Korrelationen är som väntat bättre mellan Skanör och Klagshamn än mellan Ystad och Klagshamn.

Figur 2 visar vattenståndet i cm över medelvatten för Klagshamn, Skanör, Ystad och Simrishamn vid högvattenhändelsen 4 januari 2017. Vid denna högvattenhändelse är vattenståndet i Skanör högre än både vid Klagshamn och vid Ystad så som Fredriksson m.fl. har visat. Vi ser också att vattenståndet i övrigt verkar följas åt mycket väl mellan Klagshamn och Ystad, som korrelationsanalyser visar.



Figur 2. Vattenstånd på kuststräckan Klagshamn-Simrishamn relaterat till stationernas medelvattenstånd. Observationerna från Simrishamn, Skanör och Klagshamn är hämtade från SMHI:s mätningar medan observationerna från Ystad är hämtade från Sjöfartsverkets mätningar.

- Observationerna visar att vattenståndet vid Ystad och Skanör, och även vattenståndet mellan Ystad och Klagshamn, samvarierar starkt.
- Tidigare analyser visar att skillnaden mellan årsmax vid Skanör och årsmax vid Ystad i medeltal är 7,7 cm.

Trelleborg ligger närmare Skanör än Ystad. Kustlinjens riktning är sådan att man förväntar sig att vattenståndet inte omformas nämnvärt från Ystad och västerut, utan att det fortplantar sig längs kusten.

Vi gör följande avvägningar baserade på det underlag som finns:

- Vattenståndet vid Trelleborg är troligtvis mycket likartat det vid Ystad, och mycket likartat det vid Skanör.
- Historiska källor från två kända stormar längs sydkusten, Backaflo den 1872 och 1904-stormen (Fredriksson mfl., 2017) beskriver högsta högvatten i Trelleborg mycket likartat som i Ystad.
- Observationerna från Ystad innehåller mer än 100 års data, medan observationerna från Skanör innehåller 25 år. Det gör att Ystad kommer att ge ett bättre underlag för återkomstvärden.

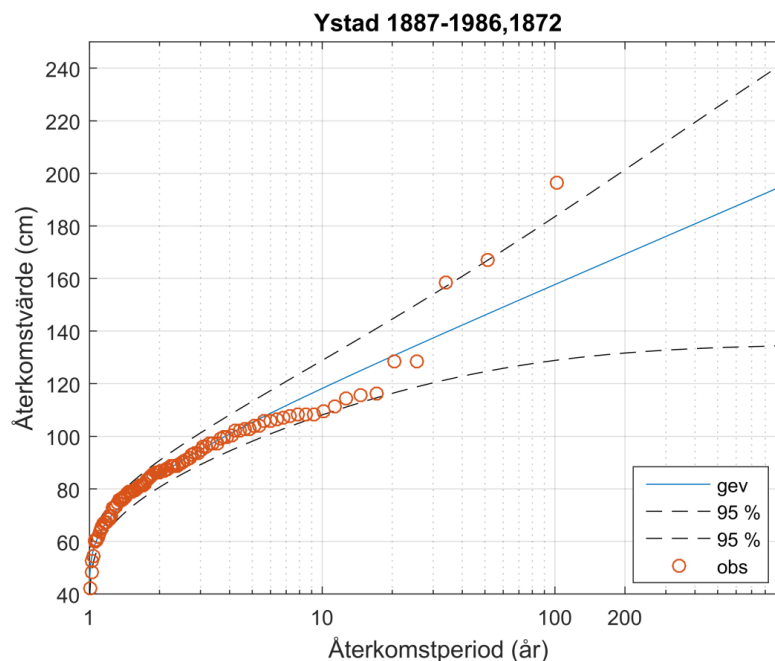
Baserat på detta har vi använt värden från Ystad för att beskriva vattenståndet i Trelleborg. För att ta höjd för osäkerheterna mellan Ystad och Trelleborg tar vi med en geografisk osäkerhet i de slutliga resultaten.

3.2.2 Beräkning av återkomstvärden

För att beräkna återkomstvärden gällande för Trelleborg görs en statistisk analys av mätdata från Ystad. SMHI:s data från Ystad 1887-1986 har anpassats till lokalt medelvattenstånd och tidsserien har justerats så att årets högsta vattenstånd hämtas från perioden juli till juni, ett brutet år. Årsmax har sedan hämtats från tidsserien. Proceduren hindrar att två höga värden som har ett starkt internt beroende kommer med i analysen. Det första årets data, 1886, har exkluderats från extremvärdesanalysen då det är ofullständigt.

Mätserien har sedan kompletterats med årsmax från 1872. Detta görs för att få fram så representativa återkomstvärden som möjligt från Ystad, i och med att vi vet att Backaflo den har hänt. Man kan tänka sig att stormen hade kunnat inträffa 1987, eller 1886 i stället och på så sätt motivera att man lägger till ett ytterligare värde inför analysen.

Figur 3 visar skattningen av återkomstvärde för höga vattenstånd mot återkomsttid utifrån SMHI:s dygnsobservationer från 1886 till 1986 kompletterat med värdet från Ystad Fyr 1872.



Figur 3. Anpassning av en GEV-fördelning till data från Ystad, där värdet från 1872 har medtagits.

Återkomstvärdet för 100 års återkomsttid har beräknats till 157 cm över medelvattenståndet. Ett tillhörande 95-procentigt konfidensintervall har beräknats till 128-183 cm, vilket betyder att det med 95 % sannolikhet innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid har återkomstvärdet beräknats till 168 cm över medelvattenståndet och ett 95-procentigt konfidensintervall mellan 133-201 cm. Alltså en svag ökning av återkomstvärdet med ökande återkomsttid.

För att ta höjd för osäkerheterna mellan Ystad och Trelleborg tar vi med en geografisk osäkerhet i de slutliga resultaten. Denna har skattats till 7 cm baserat på antagandet om att det skiljer 5 cm i medeltal mellan årsmax, men att skillnaden kan vara större för de högsta värdena.

3.3 Observationer i Trelleborgstrakten

I närheten av Trelleborg har SMHI pågående mätningar av havsvattenstånd i Skanör. SMHI har även historiska mätningar av vattenstånd i Ystad. Därtill utför Sjöfartsverket mätningar i Ystad idag.

3.3.1 Trelleborg

Vi har inga observationer från Trelleborg.

3.3.2 Skanör

I Skanör, c:a 20 km väster om Trelleborg utför SMHI mätningar av vattenståndet. Mätningarna i Skanör påbörjades i februari 1992. Datatillgängligheten är 98,8 %. Som högst har vattenståndet vid Skanör uppmätts till 154 cm relativt medelvattenytan och inträffade den 4 januari 2017.

Pegeln i Skanör 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 Ystad

De timvisa observationerna i Ystad, c:a 60 km öster om Trelleborg, startade i november 1886 och avslutades 1986. Högsta vattenståndet uppmättes 1904 till 167 cm över medelvatten. Datatillgängligheten från Ystad är 100 %. Det medför att resultaten inte påverkas av statistiska betingningsfel. Datatillgången från Ystad är därmed mycket god.

För en utökad beskrivning av observationerna i Ystad hänvisas till rapporten Extremvattenstånd i Ystad framtagen i detta projekt för MSB.

3.4 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Trelleborg är 0,07 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. 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 Ystad har beräknats till $144 + 55 = 199$ cm relativt medelvattenståndet (Schöld m fl. 2017). Detta är alltså bara 3 cm högre än observationen från 1872 från Ystad Fyr. Högsta beräknade havsvattenstånd vid Skanör har beräknats till $145 + 55 = 200$ cm relativt medelvattenståndet. Vi använder värdet från Skanör för beräknat högsta vattenstånd som gällande för Trelleborg.

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.

Fredriksson, C., Tajvidi, N., Hanson, H. and Larson, M. (2016) Statistical Analysis of Extreme Sea Water Levels at the Falsterbo Peninsula, South Sweden. *Vatten, Journal of Water Management and research* 72:129-142.

Fredriksson, C., Feldmann Eellend, B., Larson, M. och Martinea, G. (2017) Historiska stormhändelser som underlag vid riskanalys. *Vatten, Journal of Water Management and Research* 73:93-108.

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