

EXTREMVATTENSTÅND I STENUNGSUND

TITEL

Extremvattenstånd i Stenungsund

FÖRFATTARE

Maria Andersson, 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

02

03

Datum

2018-08-21

2018-11-26

Granskad

MSB återkoppling

Utfört av

Lasse Johansson, SMHI

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 översvämningrisk inom förordningen om översvämningrisker (SFS 2009:956) och som beskrivs i MSB1152-januari 2018. RCP8.5 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 Stenungsund.



Figur 1. Geografiskt område vid Stenungsund 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	204	210	260
Konfidensintervall 95 %	156 - 251	161 - 258	-

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

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, RCP8.5, har använts.

Resultatet gäller för området 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	161	167	Avsnitt 3.2
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	4	4	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (median)	74	74	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-35	-35	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	204	210	

Tabell 2. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 för Stenungsund. 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	7	9
Mätning	3	3
Kombinerad osäkerhet	24	25

Tabell 3. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd i centimeter för Stenungsund.

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

	Högsta beräknade havsvattenstånd	
Högsta nettohöjning Stenungsund	144	SMHI Klimatologi 45, 2017
Högsta vattenstånd före storm i Skagerrak	49	SMHI Klimatologi 45, 2017
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	4	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-35	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	260	

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 ovädersklimat 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 RCP8,5 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 från observationer

3.2.1 Observationer

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd vid Stenungsund. Mätningarna påbörjades i augusti 1962 men det förekommer ett längre uppehåll i serien från december 1962 till juni 1965. Därefter är observationsserien näst intill utan avbrott med en datatillgänglighet på 99.6 % (timobservationer 1965 – 2017). Under kortare perioder har vattenståndsobservationerna bedömts felaktiga och har därför exkluderats ur analysen.

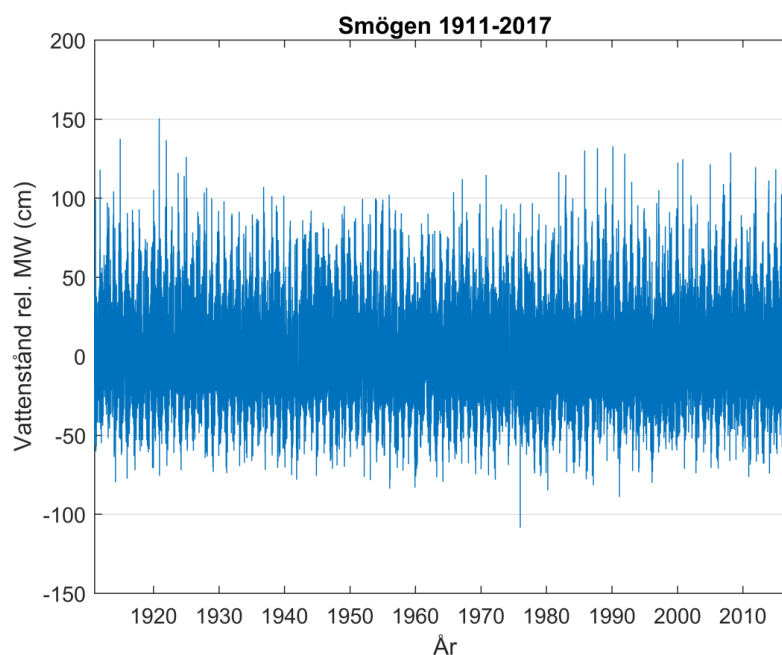
Vid beräkning av återkomstvärden bör den underliggande mätserien vara minst hälften så lång som den återkomsttid som ska beräknas. Mätserien vid Stenungsund är c:a 50 år och är således något kort för att beräkna vattenstånd med 200 års återkomsttid. Därför har även mätserien vid Smögen använts.

SMHI:s mätningar av vattenstånd vid Smögen påbörjades i juni 1910 och observationsserien är näst intill utan avbrott med 99.7 % av alla timobservationer tillgängliga under perioden 2011-2017. Den höga datatillgängligheten vid både Smögen och Stenungsund medför att resultaten inte påverkas av statistiska betingningsfel.

Respektive pegel består av en brunn av betongrör 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. Båda peglarna är vid upprepade tillfällen inmätta i rikets höjdsystem vilket betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

3.2.2 Observationer vid Smögen

Havsvattenståndet för observationsperioden 1911-2017 (107 år) vid Smögen visas i Figur 2. Det högsta uppmätta vattenståndet är 150 cm relativt medelvattenytan och observerades den 26 november 1920. Det lägsta vattenståndet som observerats är -114 cm relativt medelvattenytan och registrerades den 3 januari 1976.



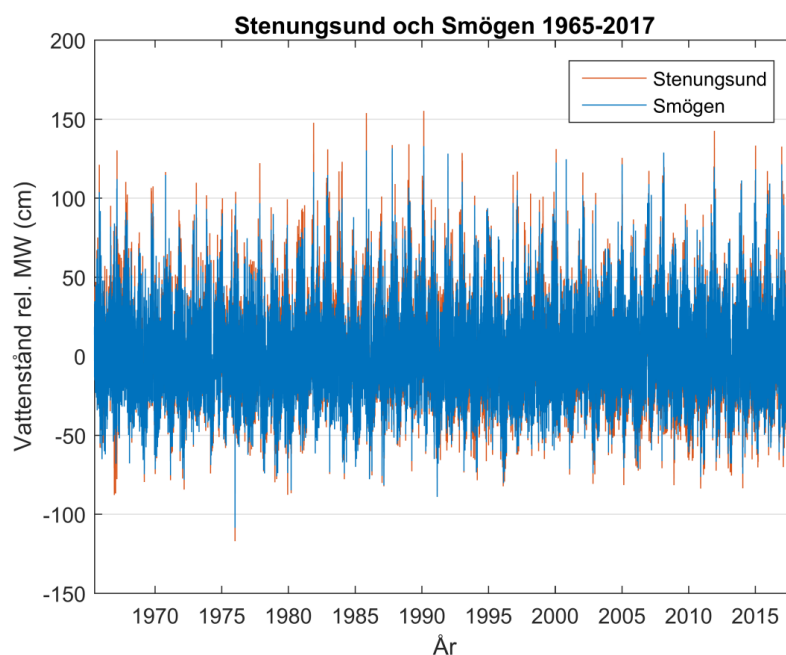
Figur 2. Havsvattenstånd i cm relativt medelvattenytan vid Smögen 1911-2017.

3.2.3 Observationer i Stenungsund

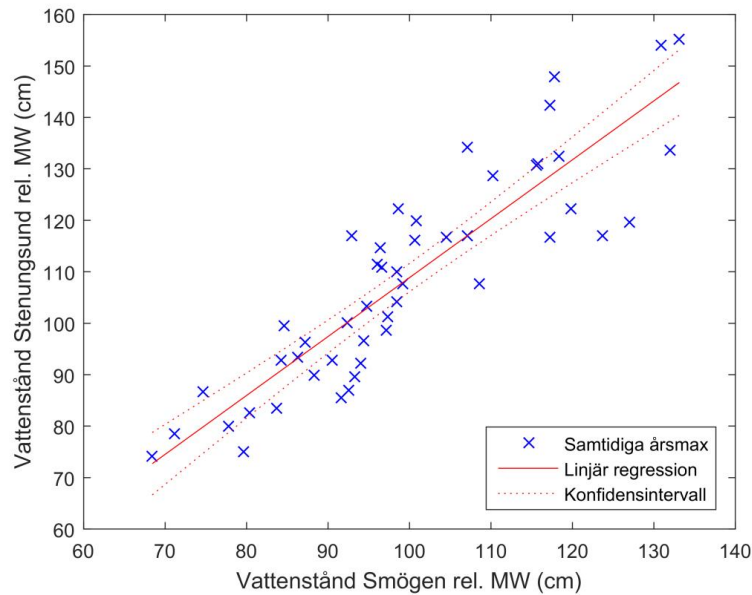
Havsvattenståndet för observationsperioden 1965-2017 vid Stenungsund och Smögen visas i Figur 3. Baserat på timvärden är högsta vattenståndet i Stenungsund 155 cm relativt medelvattenståndet och noterades den 27 februari 1990. Det lägsta vattenståndet som observerats i Stenungsund är -118 cm relativt medelvattenytan och registrerades den 3 januari 1976, alltså vid samma händelse som i Smögen.

Mätserien från Smögen kan alltså inte användas rakt av för att beräkna återkomstvärden gällande för Stenungsund. Genom analys av årshögsta vattenstånd från de båda mätserierna får vi fram ett samband mellan högvattennivåerna i Smögen och Stenungsund, en linjär regressionsmodell, se Figur 4. Därefter appliceras denna statistiska modell på hela mätserien från Smögen så att den blir gällande för Stenungsund.

Vid analysen av årens högsta vattenstånd från de båda lokalerna har även vindens påverkan utretts. Slutsatsen är att vindens effekt på vattenståndsskillnaden mellan Smögen och Stenungsund inte ger minskad osäkerhet i slutresultatet. De framtagna uppgifterna baserade på observationer vid Smögen och därefter anpassade till Stenungsund är alltså representativa för området markerat i Figur 1.



Figur 3. Havsvattenstånd i cm relativt medelvattenytan vid Stenungsund (röd) och Smögen (blå) från 1965-2017.



Figur 4. Årsmax i Stenungsund mot samtida årsmax i Smögen, dels som enskilda värden (blå kryss) och dels regressionslinje (röd linje) samt regressionslinjens konfidensintervall (röd streckad linje).

3.2.4 Beräkning av återkomstvärden

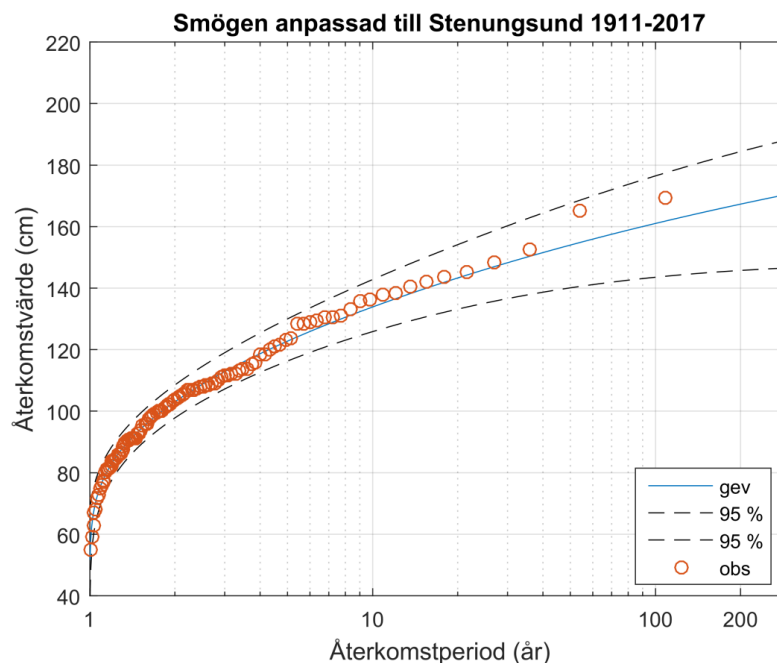
För att beräkna återkomstvärden gällande för Stenungsund görs en statistisk analys av mätserien från Smögen som anpassats att gälla för Stenungsund. I Figur 5 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för höga vattenstånd. Den fördelningsfunktion som bedömts passa bäst till observationerna är en Weibullfördelning med tre parametrar.

Återkomstvärdet för 100 års återkomsttid har beräknats till 161 cm över medelvattenståndet. Ett tillhörande 95-procentigt konfidensintervall har beräknats till 144-176 cm, vilket betyder att det med 95 % sannolikhet innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid har återkomstvärdet beräknats till 167 cm över medelvattenståndet och ett 95-procentigt konfidensintervall mellan 146-184 cm. Alltså en svag ökning av återkomstvärdet med ökande återkomsttid.

Återkomstvärden har även beräknats genom statistisk analys av den kortare mätserien från Stenungsund. Återkomstvärdet med 100 års och 200 års återkomsttid har beräknats till 158 cm respektive 164 cm relativt medelvattenytan. Resultatet är således mycket likt resultatet framtaget med den anpassade Smögenserien. Osäkerheten är dock något högre med enbart Stenungsunderserien. Den goda överensstämmelsen mellan de båda analyserna styrker resultatet.

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 för återkomsttiden 100 år för Smögen varierar med 31 cm (från 142 cm till 173 cm relativt medelvattenytan), 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 5. Beräknade återkomstvärde vid olika återkomsttider (blå) baserat på data från Smögen anpassad med linjär regressionsmodell till Stenungsund. Streckade linjer anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Cirklarna visar observerade årsmax vid Smögen anpassade till Stenungsund. Återkomstvärdena anges relativt medelvattenståndet.

3.3 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Stenungsund är 3,4 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 Stenungsund har beräknats till 193 cm relativt 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) Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust. Klimatologi Nr 41.