



Handläggare:
Signild Nerheim
Granskare:
UTKAST

Datum: 2019-04-04
Dnr: 2018/61/9.5
Uppdragsgivare: Sweco Environment AB
Kontaktperson: Mats Andreasson

Osäkerhetsintervaller vid beräkning av återkomsttider

1 Bakgrund

SMHI har på uppdrag av Sweco Environment AB beräknat havsvattenstånd med 100 års återkomst i framtida klimat vid Henån, Orust, Uddevalla och Marstrand. Havsvattenstånd med 100 års återkomsttid har efterfrågats för år 2020, 2050, 2070 och 2100.

För att bättre kunna tillämpa resultaten i kostnads- nytto-analyser har Sweco efterfrågat figurer som visar återkomsttid med tillhörande konfidensintervaller. Figureerna redovisas nedan.

2 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.

Resultatet fås genom att de väderorsakade högvattnen överlagras det förändrade globala medelvattenståndet, justerat för landhöjningen på lokalen.

2.1.1 Det globala medelvattenståndet år 2100

Vi har använt FN:s klimatpanels scenario RCP 8,5 för år 2100. 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 %.”

Inom uppdraget till MSB, och i beräkningen av extrema havsvattenstånd för Henån, Uddevalla och Marstrand, har vi gjort på följande sätt; exemplet utgår från år 2100 men metodiken kan tillämpas på andra perioder också:

- 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 som är gällande nu, 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 Resultat

Vid beräkning av återkomstvärden för åren 2020, 2050, 2070 och 2100 har vi använt värden från IPCC AR5 (Tabell 1). Därtill har värdena justerats för landhöjning lokalt, samt för höjdsystemet RH2000. För framtida värden används klimatperioden 1986-2005 som utgångspunkt för medelvattenståndets läge i RH2000 lokalt. Både landhöjning och medelvattenståndets läge i RH2000 hämtas från SMHI Klimatologi nr 41.

Tabell 1. Medianvärdet av den globala medelvattenytans höjning fram till år 2020, 2050, 2070 och 2100. Värdena anges i cm relativt referensperioden 1986-2005 för klimatscenariot RCP8.5. Siffrorna inom parentes anger 5-95 percentiler utifrån de bakomliggande modellresultaten. Källa Church et al., 2013.

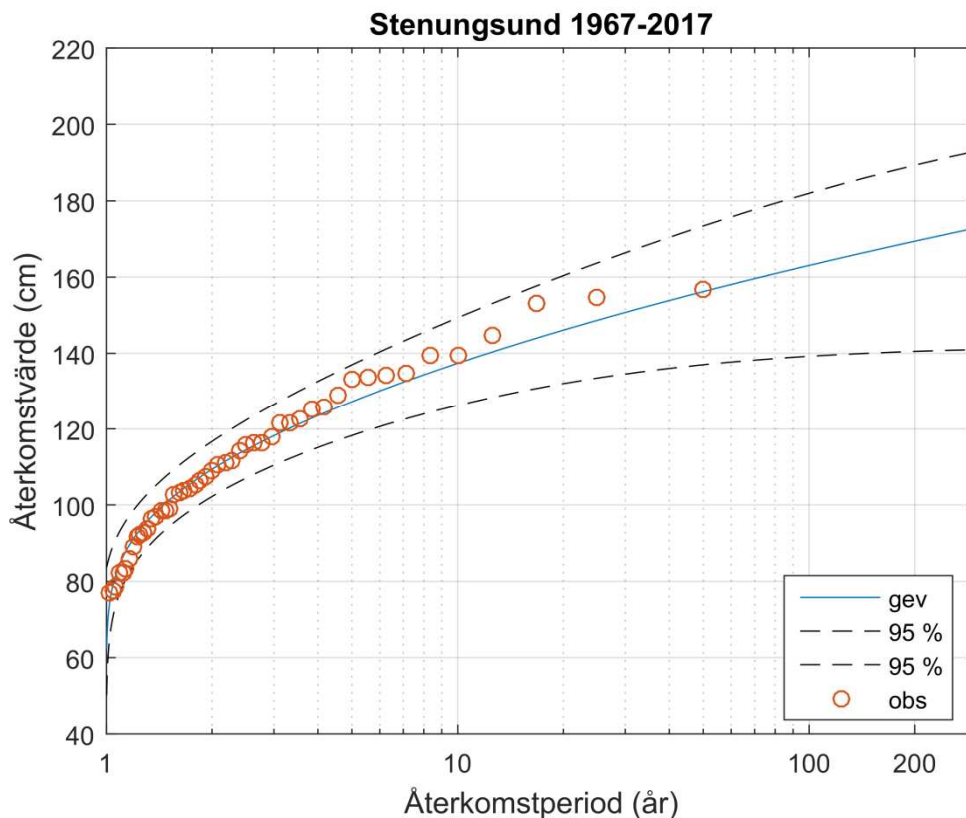
	2020	2050	2070	2100
Global havsnivå-höjning	8 (6-11)	25 (19-11)	42 (31-54)	74 (53-98)

3.1 Henån, Orust

Resultaten för Henån togs fram 2018-09-18. Figur 1 visar observationer från Stenungsundserien tillsammans med en GEV-fördelning av återkomsttid och återkomstnivå med tillhörande konfidensintervall. Detta konfidensintervall gäller vid medelvatten. Tabell 2 visar havsvattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens och i framtidens klimat. Konfidensintervallet för 2018 har hämtats från figuren, justerat för RH2000 2018, medan i de övriga återkomstvärdena tillkommer osäkerheten från klimatförändringen. Denna har beräknats separat för de fyra årtalen som efterfrågats, och finns inte grafiskt.

Tabell 2. Havsvattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens (2018) och framtidens klimat (2020, 2050, 2070 och 2100). Värdena anges i cm i höjdsystemet RH2000 och baseras på observerat vattenstånd vid Stenungsund från perioden 1967-2017. Nivåerna för ett framtida klimat baseras på klimatscenariot RCP8.5. Värdena inom parentes anger 95 % konfidensintervall.

	2018	2020	2050	2070	2100
100-års återkomst-nivå	160 (144-176)	165 (146-183)	171 (149-193)	182 (152-211)	204 (154-253)



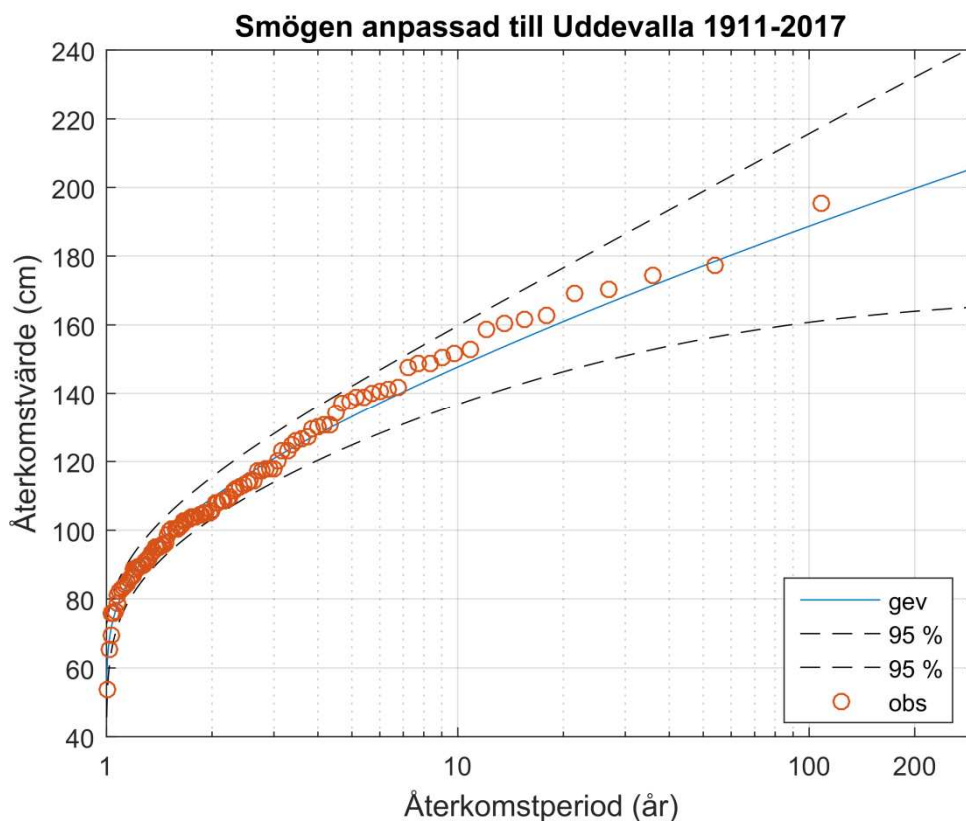
Figur 1. Återkomstvärde och återkomstperiod för Stenungsund som anses vara representativ för Henån. De streckade linjerna visar 95 %iga konfidensintervallet och gäller för extremvärdesberäkningen för dagens klimat.

3.2 Uddevalla

Resultaten för Uddevalla togs fram 2019-01-14. Samma metodik och resultat som använts för MSB:s kartering användes, dock kompletterad för 2020, 2040 och 2070. Figur 1 visar observationer från en syntetisk observationsserie som tagits fram för Uddevalla genom att anpassa data från Uddevalla till Smögen-serien genom statistisk passning. Figuren visar också GEV-fördelning av återkomsttid och återkomstnivå med tillhörande konfidensintervall för datasettet. Detta konfidensintervall gäller vid medelvatten. Tabell 2 visar havsvattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens och i framtidens klimat. Konfidensintervallet för 2018 har hämtats från figuren, justerat för RH2000 2018, medan i de övriga återkomstvärdena tillkommer osäkerheten från klimatförändringen. Denna har beräknats separat för de fyra årtalen som efterfrågats, och finns inte grafiskt.

Tabell 3. Havsvattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens (2018) och framtidens klimat (2020, 2050, 2070 och 2100). Värdena anges i cm i höjdsystemet RH2000 och baseras på observerat vattenstånd vid Smögen från perioden 1911-2017, anpassat till Uddevalla. Nivåerna för ett framtida klimat baseras på klimatscenariot RCP8.5. Värdena inom parentes anger 95 % konfidensintervall.

	2018	2020	2050	2070	2100
100-års	184	189	195	204	225
återkomstnivå	(168-201)	(170-208)	(172-218)	(174-235)	(176-275)



Figur 2. Återkomstperiod och återkomstvärde för Uddevalla, beräknat med GEV-fördelning. De streckade linjerna visar 95 %iga konfidensintervallet och gäller för extremvärdesberäkningen för dagens klimat. Datasettet har tagits fram genom att anpassa Smögen-serien till Uddevalla med en statistisk modell. Detta gör att man kan ta fram en längre tidsserie för Uddevalla än den som finns idag, som beaktar lokala effekter.

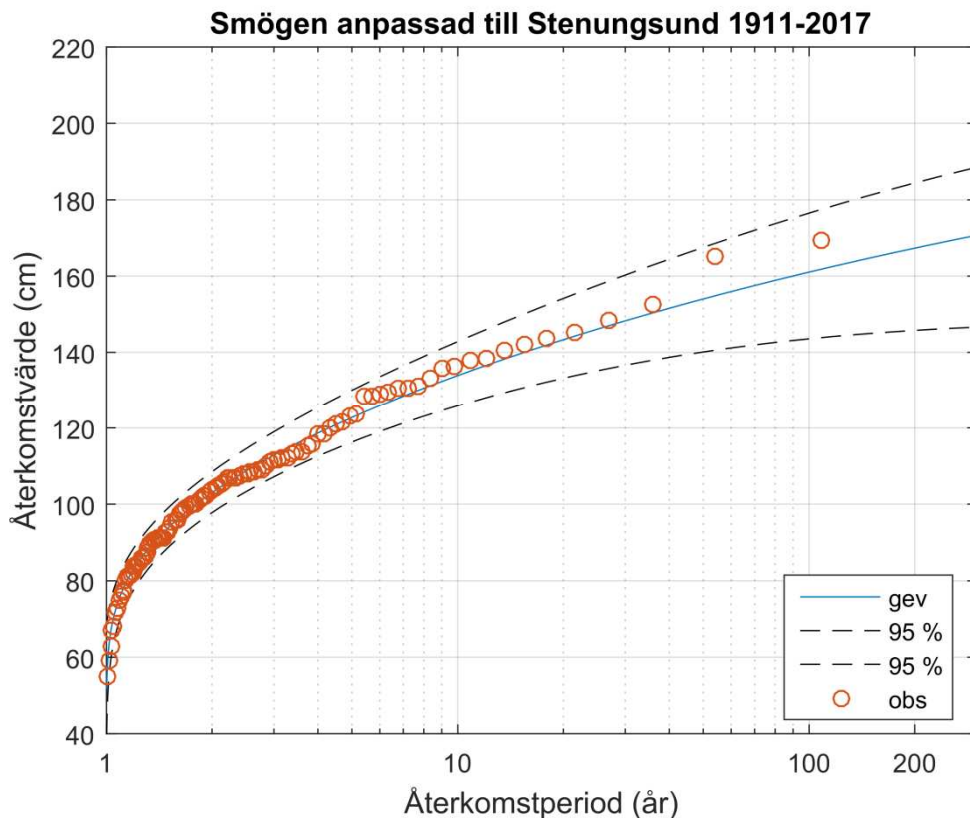
3.3 Marstrand

Resultat för Marstrand togs fram 2019-04-04. Vid Marstrand finns data från Sjöfartsverkets pegel, som dock inte är öppna att analysera utan tillstånd från Sjöfartsverket. Erfarenhet från området visar att högvattenstånd vid Marstrand ligger nära eller något under vattenstånden vid Stenungssund, och genom att använda årshögsta vattenstånd från Stenungssund underskattas inte beräknade nivåer för Marstrand.

Eftersom resultat från Stenungssund tagits fram inom uppdraget till MSB har vi valt att redovisa resultaten som tagits fram där snarare än att redovisa samma siffror som för Henån. Det skiljer väldigt lite mellan de två resultaten. Figur 3 visar resultaten från detta tillvägagångssätt.

Tabell 4. Havsvattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens (2018) och framtidens klimat (2020, 2050, 2070 och 2100). Värdena anges i cm i höjdsystemet RH2000 och baseras på observerat vattenstånd vid Smögen från perioden 1911-2017, anpassat till Stenungssund, som bedömts vara lämplig för Marstrand. Nivåerna för ett framtida klimat baseras på klimatscenarioet RCP8.5. Värdena inom parentes anger 95 % konfidensintervall.

	2018	2020	2050	2070	2100
100-års återkomstnivå	160	166	173	184	206
	(144-177)	(145-187)	(149-198)	(153-215)	(156-257)



Figur 3. GEV-fördelning av årsmax vid Stenungsund, anpassade från Smögen genom en statistisk passningsberäkning. Stenungsund har beräknats vara representativ för Marstrand.

4 Referenser

- Ref. 1 Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 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.
- Ref. 2 Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G. och Sjöström, Å. (2017) *Framtida havsnivåer i Sverige*. SMHI Klimatologi Nr. 48, 2017.
- Ref. 3 SMHI (2017) Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust. SMHI Klimatologi Nr 41.