

## BILAGA 1 – BERÄKNINGAR HÖGVATTEN

UPPDRAG Strategi för klimatanpassning av Båstads och Torekovs hamn	UPPDRAGSLEDARE Joanna Theland	DATUM 2019-01-28
UPPDRAGSNUMMER 13006106	UPPRÄTTAD AV Beatrice Nordlöf	

### Bakgrund

#### Högvatten och havsnivåhöjning

I framtiden beräknas havsnivåerna stiga globalt, vilket innebär att medelvattenytan kommer ligga högre än vad den gör idag. Samtidigt pågår en landhöjning som gör att markytan stiger. Nettoeffekten av havsnivåhöjningen och landhöjningen skiljer sig mellan olika delar av Sverige. I södra Sverige är effekten av landhöjningen liten, därför beräknas att medelvattenivån i södra Sverige kommer stiga jämfört med marknivån. Om samma meteorologiska förutsättningar som genererar ett högvatten idag skulle inträffa om hundra år skulle det alltså ge upphov till ett högre absolut vattenstånd, och potentiellt en värre översvämningssituation. På samma sätt kan en nivå som i dagens klimat beräknas återkomma med en återkomsttid om 100 år i framtiden förekomma betydligt oftare. Vid planering för framtida kustskydd måste såväl risken för högvatten som effekten av havsnivåhöjning tas i beaktning, och planeringsnivåerna anpassas därefter.

#### Höjdsystem

Havsvattenstånd kan mätas i olika höjdsystem, vanligast är att man mäter relativt en fixpunkt på markytan eller relativt medelvattenytan. SMHI:s mätdata för havsvattenståndsobservationer finns tillgängliga i höjdsystemet RH2000, som beskriver nivån relativt en fixpunkt på markytan, och i RW, som beskriver nivån relativt medelvattenståndet.

SMHI beräknar medelvattenstånden i varje mätpunkt utifrån en trendlinje anpassad till historiskt uppmätt data. Denna trendlinje anger nollnivån i höjdsystemet RW, havsvattenståndsobservationer presenteras alltså relativt denna nivå. I takt med att nya mätningar tillkommer justeras trendlinjen och därmed nollnivån.

I denna studie används data från mätstationen Viken. Medelvattenståndet för Viken 2018 motsvarar nivån +7,9 cm i RH2000. SMHI använder formeln nedan för att räkna om medelvattenståndet i Viken mellan RH2000 och RW (SMHI och Sjöfartsverket 2018):

$$MVY = 6,1 - (-0,1) * (yy - 2000)$$

Där yy är det år för vilket medelvattenytan ska beräknas.

Denna formel speglar huvudsakligen medelvattenytans årliga förändring i förhållande till landhöjning och lämpar sig för omräkning inom relativt korta tidsserier. För prognoser om medelvattensytans höjning till följd av global uppvärmning, se nästa sida,

## Underlag

### Havsvattenståndsobservationer från Viken

Som underlag för beräkningarna har observationer från SMHI:s mätstation 2228 Viken används. Dataserien täcker perioden april 1976 till september 2018. Generellt har de högvattennivåer som mätts upp i Viken varit lägre än vad som rapporterats från Torekov och Båstad. Data från Viken har legat till grund för analysen då det inte finns någon närmre belägen mätstation att utgå ifrån.

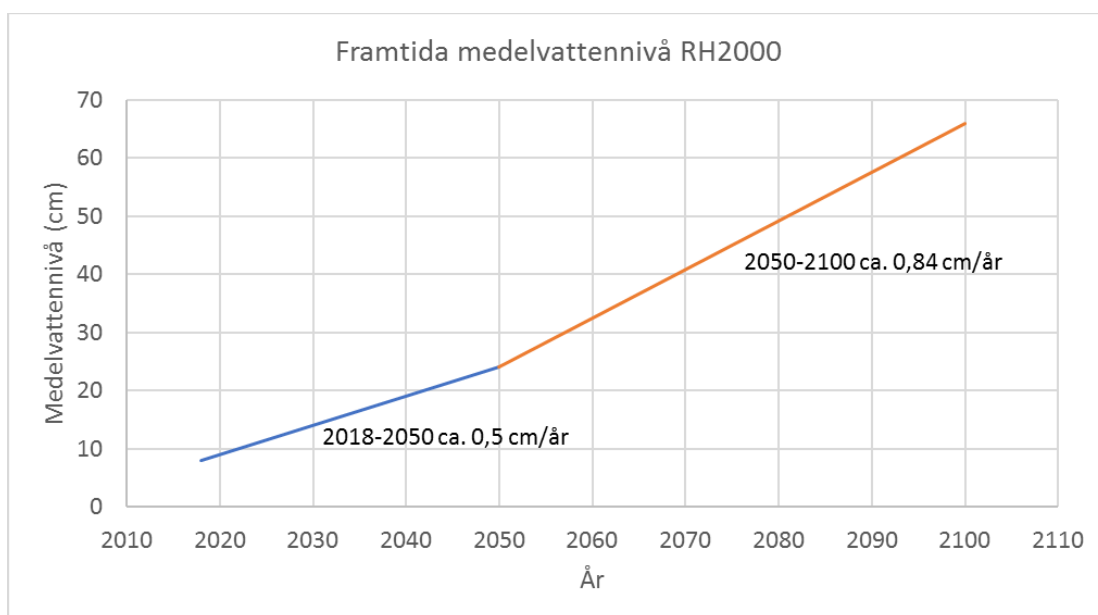
### Prognos om framtida havsnivåer

För att analysera hur högvattensituationen kan se ut fram till år 2100 har SMHI:s prognos för framtida höjning av havsnivån till följd av global uppvärmning använts (SMHI, 2017). Analysen utgår från klimatscenario RPC8,5 och tar beräknad havsnivåhöjning och landhöjning i beaktning. Prognosen för framtida medelvattennivå vid Viken visas i tabell 1.

*Tabell 1. Framtida medelvattennivå vid Viken (SMHI, 2017). 95% konfidensintervall visas inom parentes.*

År	Medelvattennivå RH2000
2018	+7,9 cm
2050	+24 cm (18-31)
2100	+66 cm (45-90)

I föreliggande analys har antagagits att ökningen sker linjärt mellan 2018-2050 och 2050-2100, se figur 1. Detta är en förenkling som bedöms ha liten påverkan på resultaten i förhållande till övriga osäkerheter i beräkningarna.



Figur 1. Prognos för framtida höjning av medelvattennivån (bearbetat utifrån underlag från SMHI, 2017).

## Metod

Den statistiska analysen på har utgått från mätvärden i höjdsystemet RW, dvs SMHI:s höjdsystem för höjder relativt medelvattenytan. Anledningen till att analysen utgår från denna data är att syftet är att analysera avvikelser från medelvattennivån. Beräknade återkomstnivåer har därefter justerats till höjdsystemet RH2000 för att kunna relateras till framtida havsnivåer.

## Statistisk analys

Den statistiska analysen av dataserien från Viken har genomförts med programmet R (R Core Team, 2018) med instickprogrammet in2extRemes (Gilleland och Katz, 2016).

Analysen är genomförd med blockmaximametoden, som innebär att en statistisk fördelning anpassas till en serie maxvärden. För Viken-serien baseras analysen på årsmaxvärden för varje kalenderår, totalt 41 årsmaxvärden ingår i serien. Datum då årsmax inträffade har identifierats för att säkerställa att årsmaxvärdena är oberoende.

Med hjälp av R anpassades en extremvärdesfördelning till årsmaxvärdena. Två fördelningar anpassades, en GEV-fördelning (Generalized Extreme Value distribution) och en Gumbelfördelning som är en undergrupp till GEV-fördelningen. GEV-modellen gav inte en signifikant bättre beskrivning av data än Gumbelfördelningen, varför Gumbelfördelningen användes för vidare analys.

Fördelningsfunktionen för Gumbelfördelningen visas nedan:

$$G(z) = \exp \left\{ - \exp \left[ - \left( \frac{z-\mu}{\sigma} \right) \right] \right\}$$

Där  $G(z)$  är sannolikheten att årsmax ett givet år är  $z$  eller lägre,  $\mu$  är en lägesparameter och  $\sigma$  är en skalparameter. (Coles, 2001).

## Resultat

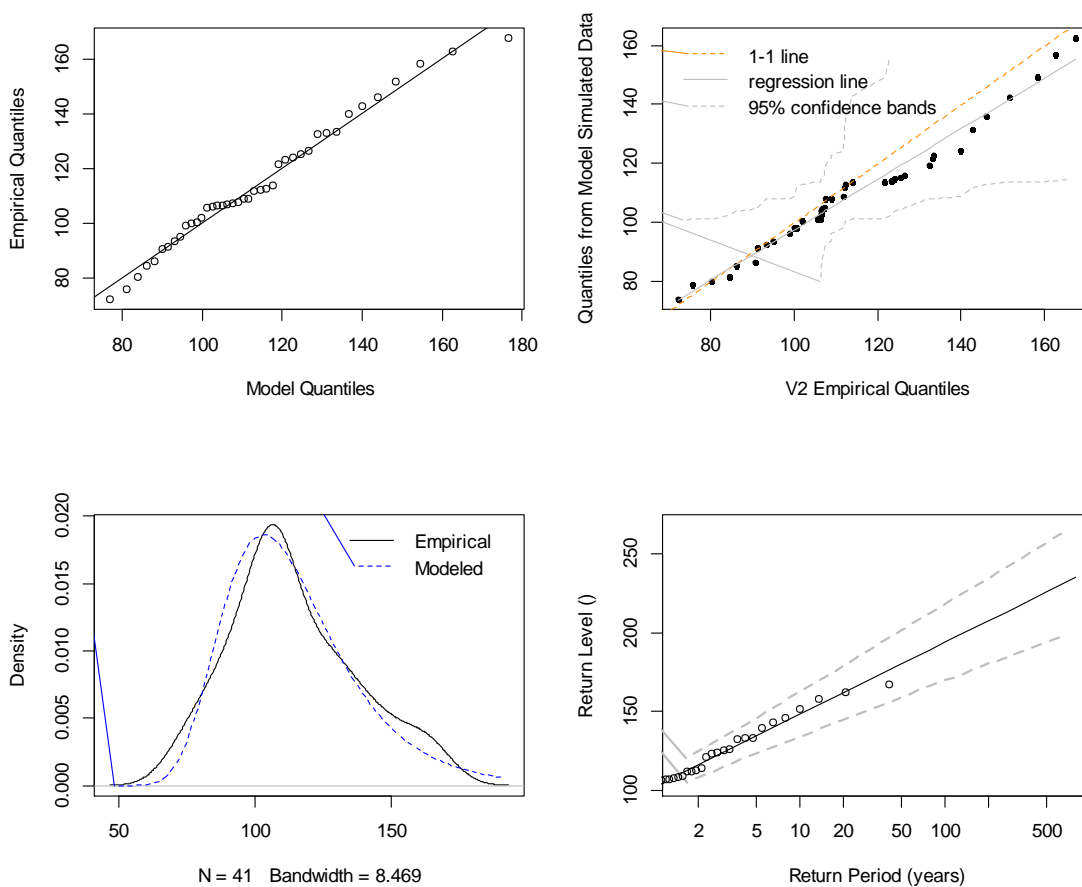
### Anpassad fördelning

Den anpassade Gumbelfördelningen sammanfattas i tabell 2.

*Tabell 2. Skattade värden på läges- och skalparameter. 95% konfidensintervall för skattningarna visas inom parantes.*

	Skattat parametervärde
Lägesparameter $\mu$	103,07 (96,69-109,45)
Skalparameter $\sigma$	19,73 (15,11-24,35)

Figur 2 visar diagnostiserande grafer för den anpassade Gumbelfördelningen. En visuell bedömning av graferna visar att den anpassade fördelningen tycks ge en god beskrivning av uppmätt data.



Figur 2. Sammanfattning av anpassad Gumbelfördelning, bilden har exporterats från R. Övre vänster: Modellerade kvantiler plottat mot empiriska kvantiler. Övre höger: Kvantiler från data simulerad med anpassad modell plottat mot empiriska kvantiler. Nedre vänster: Empirisk och anpassad frekvensfunktion, Nedre höger: Återkomstnivåer, empirisk data är markerad som cirklar.

## Högvatten relativt medelvattennivå

Tabell 3 visar beräknade nivåer relativt medelvattennivån för högvatten med olika återkomsttider. Nedre och övre nivåer för 95 % konfidensintervall visas för att ge en uppfattning om osäkerheten i skattningarna. Konfidensintervallet för skattningen blir bredare för längre återkomsttider, vilket innebär att skattningen är mer osäker.

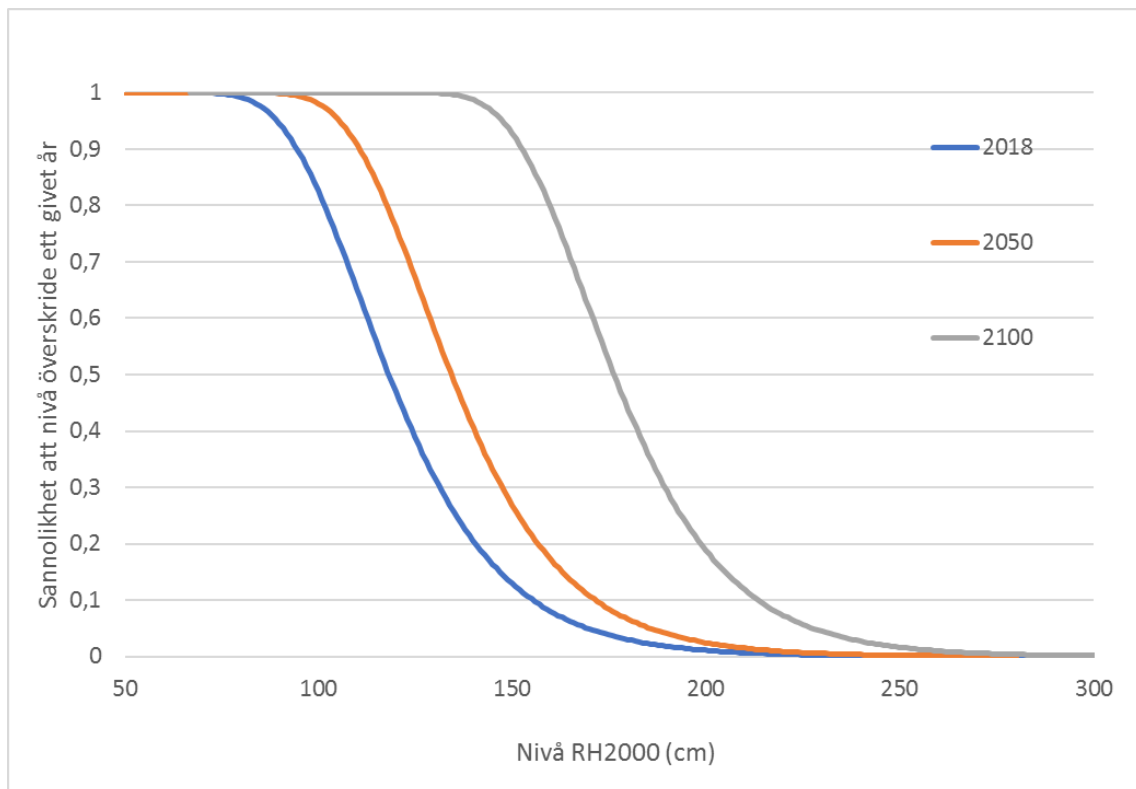
Tabell 3. Beräknade nivåer relativt medelvattennivån för högvatten med olika återkomsttider. Nedre och övre gräns för 95% konfidensintervall för skattningen visas.

Återkomsttid (år)	Nivå (cm rel MVY)	Nedre konfidensnivå	Övre konfidensnivå
2	110	103	118
5	133	121	144

<b>10</b>	147	133	162
<b>20</b>	162	144	180
<b>30</b>	170	150	190
<b>40</b>	176	155	197
<b>50</b>	180	158	202
<b>60</b>	184	161	207
<b>70</b>	187	163	210
<b>80</b>	189	165	214
<b>90</b>	192	167	216
<b>100</b>	194	169	219
<b>120</b>	197	171	223

### Högvatten relativt RH2000 idag och i framtiden

Figur 3 visar sannolikheten för att en given havsnivå överskrids någon gång under ett år. Den blå kurvan visar sannolikheten för 2018 års förhållanden. Orange och grå kurva är förskjutna motsvarande den förväntade havsnivåhöjningen till 2050 respektive år 2100. Samtliga nivåerna anges i RH2000.



Figur 3. Sannolikheten för att en given nivå överskrids någon gång under ett år. Blå linje visar 2018 års förhållanden, orange visar 2050 och grå visar 2100.

6 (7)

## Referenser

Coles, S., 2001, *An Introduction to Statistical Modelling och Extreme Values*, Springer-Verlag, London.

SMHI, 2017, *Framtida havsnivåer i Sverige*, Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G., Sjöström, Å., Klimatologi Nr 48, 2017. [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.129876!/klimatologi\\_48.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.129876!/klimatologi_48.pdf)

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Gilleland, E., Katz, R. W., 2016: *in2extremes: Into the R Package extremes - Extreme Value Analysis for Weather and Climate Applications*. NCAR Technical Note, NCAR/TN-523+STR, 102 pp., DOI: 10.5065/D65T3HP2

SMHI och Sjöfartsverket 2018, Ekvationer för medelvattenståndet i RH2000. [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.133076!/mwreg\\_MWekvationer\\_2018.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.133076!/mwreg_MWekvationer_2018.pdf)