



Författare:

**Hans Björn**

Granskningsdatum:

**2021-03-17**

Uppdragsgivare:

**CAMEL**

Granskare:

Maria Andersson

Dnr:

**2018/912/9.5**

Version:

**V2.0**

---

April 2021

# **Klimatanpassning genom planerad reträtt**

**Visualisering av översvämning med hänsyn till varaktighet - fallstudie Trelleborg**

## Sammanfattning

En metod för att visualisera översvämningens utbredning vid olika scenarier och varaktigheter har studerats. Beräkningsresultaten från en realistisk analys där högvattenhändelsens dynamik återspeglas i beräkningarna har jämförts med en geometrisk kartering av översvämningens utbredning där ingen hänsyn till tidsaspekten tagits, här benämnd *GIS-metoden*. Vid verkliga översvämningar kan det vara så att vattnet inte hinner nå fram till alla lågt liggande områden innan det rinner tillbaka, vilket är ett förlopp som fångas i dessa hydrodynamiska simuleringar. Det kan medföra en stor skillnad mot att tillämpa den vanligtvis använda *GIS-metoden* som inte tar någon hänsyn till översvämningens varaktighet.

Vid ett tidigare delprojekt har en fallstudie för en stormhändelse vid Halmstad analyserats. I det föreliggande projektet har ett område i Trelleborg valts ut för en fallstudie med utvecklingen enligt en högvattenhändelse i december 2013 som undersökt beräkningsfall. En tvådimensionell hydrodynamisk modell har etablerats för Trelleborgs havsnära delar mellan Kurland i väster och Gislövs läge i öster.

I aktuell fallstudie är översvämningens utbredning överskattad enligt *GIS-metoden* ca 5 % vid händelseförloppet 2013 och vid händelsen framflyttad till år 2100 är överskattningen ca 15 %. Översvämningens utbredning överskattas alltså enligt metoden med stationärt vattenstånd i havet jämfört med ett tidsvarierat dynamiskt vattenstånd i havet även för Trelleborg. Däremot överskattas inte översvämningens utbredning för Trelleborg i samma utsträckning som för Halmstad, där översvämningens utbredning överskattades med ca 30 %.

En förklaring till att överskattningen inte är lika stor vid fallstudien för Trelleborg är att högvattenhändelsen inte är lika hög och inte heller lika kortvarig som i fallstudien vid Halmstad. Skillnaderna i översvämningens utbredning då en realistisk analys av händelseförloppet jämförs med *GIS-metoden* blir därför förhållandevis liten.

En annan förklaring till den mindre skillnaden är att det vid Trelleborg inte finns en låglänt (översvämningssbar) yta innanför en barriär, varigenom ett vattendrag mynnar, på samma sätt som vid Fylleåns mynning vid Halmstad.

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2 BAKGRUND</b> .....	<b>4</b>
2.1 CAMEL .....	4
2.2 Högvattenhändelser i havet.....	4
2.3 RCP-scenarier .....	5
2.4 Stigande havsnivåer.....	6
2.5 Stigande havsnivåer i kommunal planering .....	7
<b>3 RESULTAT</b> .....	<b>8</b>
3.1 Fall 1 – Högvattenhändelse i december 2013 .....	8
3.2 Fall 2 - Högvattenhändelse 2100.....	9
<b>4 METOD</b> .....	<b>9</b>
4.1 Hydrodynamisk modellering .....	9
4.2 Analyserade fall.....	10
4.2.1 Fall 1 – Skanör december 2013 .....	10
4.2.2 Fall 2 - Skanör 2100 .....	10
<b>5 SLUTSATSER</b> .....	<b>11</b>
<b>6 DISKUSSION</b> .....	<b>11</b>
<b>7 REFERENSER</b> .....	<b>11</b>

# 1 Inledning

I en tidigare fallstudie inom CAMEL-projektet jämfördes en hydrodynamisk modellering av händelseutvecklingen enligt stormen Gorm i november 2015, vid Fylleåns mynning i havet vid Halmstad (SMHI, 2021), med en geometrisk kartering av översvämningsutbredning där ingen hänsyn till tidsaspekten tagits, kallad *GIS-metoden*.

Vid analysen för Halmstad kunde konstateras att *GIS-metoden* överskattade översvämningsutbredningen med ca 30 %, dvs. genom att istället genomföra en realistisk analys av händelseförloppet kan en betydande ”landvinst” göras. Projektet beslutade att genomföra en liknande analys med Trelleborg som fallstudie. En tvådimensionell hydrodynamisk modell har etablerats för Trelleborgs havsnära delar mellan Kurland i väster och Gislövs läge i öster.

Projektet är en del av forskningsprojektet CAMEL (Climate Adaptation by Managed Realignment) som syftar till att undersöka hur planerad reträtt och en anpassning av samhället till en förändrad kust- och strandlinje kan bli en möjlig strategi för klimatanpassning, samt hur man med hjälp av smart visualisering kan överbrygga de hinder som finns och underlätta för långsiktigt hållbara beslut i samhällsplaneringen.

## 2 Bakgrund

### 2.1 CAMEL

CAMEL leds av Statens geotekniska institut (SGI) och är ett forskningssamarbete mellan RISE, Linköpings universitet och SMHI. Samarbetspartners är Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Skåne, Länsstyrelsen Halland, Karlstad kommun, Öckerö kommun, Trelleborgs kommun och Umeå kommun.

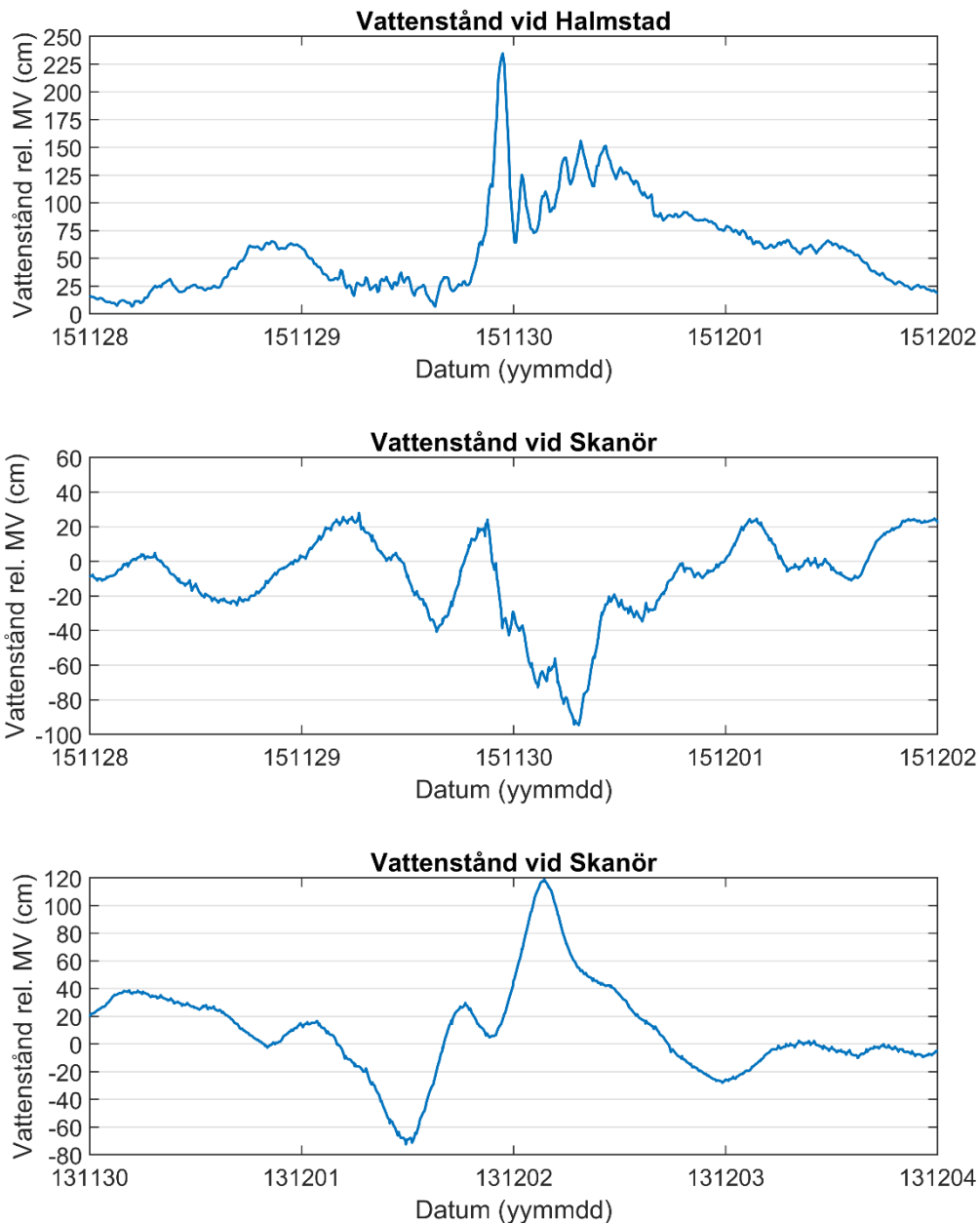
CAMEL är ett treårigt forskningsprojekt som påbörjades 2018 och kommer att slutföras 2021. Projektet finansieras av forskningsrådet FORMAS.

### 2.2 Högvattenhändelser i havet

Extrema högvattenhändelser i havet längs Sveriges kustområden uppstår i samband med passerande kraftiga lågtryck. Samtidigt råder ofta starka ihållande vindar i området. Den maximala högvattensituationen har oftast ett kort förlopp som normalt varar någon/några timmar.

För fallstudien vid Fylleåns mynning i havet söder om Halmstad (SMHI, 2021) användes högvattensituationen vid stormen Gorm i slutet av november 2015. I Halmstad steg vattenståndet då till 2,35 m över medelvattenståndet. Vid samma tillfälle var vattenståndet i södra Skåne lågt, se Figur 1.

För att hitta en lämplig högvattenhändelse att använda för Trelleborg har mätserien från Skanör studerats. Högvattenhändelsen som inträffade i början av december 2013 har bedömts lämplig och har därför använts vid fallstudien för Trelleborg, se Figur 1. Vattenståndet steg då till ca 1,20 m över medelvattenståndet vilket motsvarar ca 1,34 m i RH 2000 (år 2013). Högvattenhändelsen är en av de högsta inträffade i modern tid då mätningar av vattenståndet utförts med hög tidsupplösning (ca 5-10 min upplösning). Jämfört med Halmstad är högvattenhändelserna vid Skanör inte lika höga och inte heller lika kortvariga. Historiskt sett har högre händelser inträffat vid Trelleborg men i denna studie är det av stor vikt med en hög tidsupplösning på den underliggande mätserien i havet, därför begränsas urvalet till modern tid.



Figur 1. Vattenståndet relativt medelvattenståndet i cm under stormen Gorm i slutet av november 2015 i Halmstad (övre) och i Skanör (mitten), samt i Skanör (nedre) i december 2013.

### 2.3 RCP-scenarier

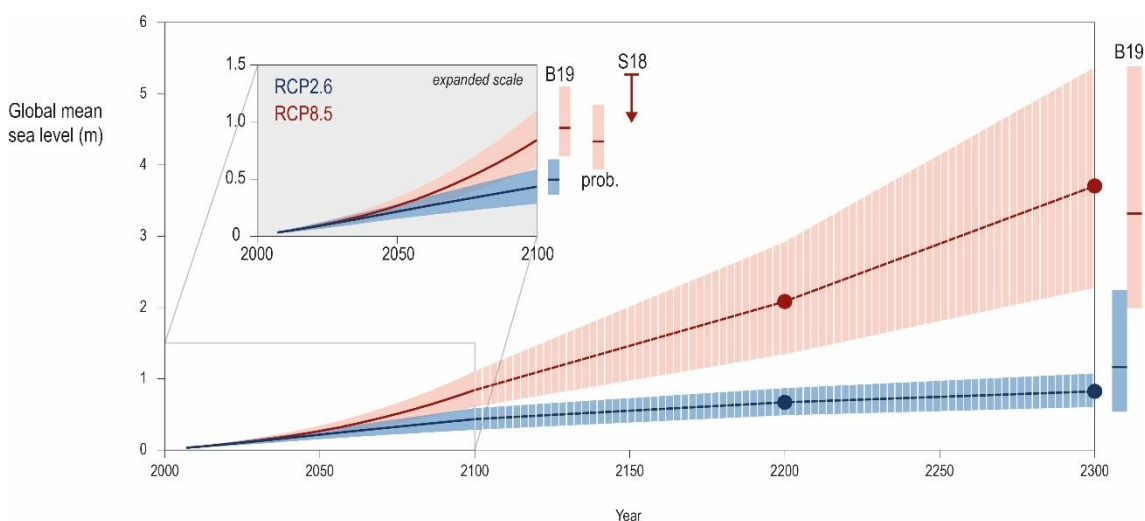
Klimatets utveckling i framtiden beror på hur mänsklig aktivitet påverkar atmosfärens innehåll av växthusgaser. För att kunna studera framtidens klimat behövs antaganden om hur stora mänsklighetens utsläpp av växthusgaser kommer att bli, det finns flera möjliga utvecklingsvägar beroende på förmågan att begränsa utsläppen. FN:s klimatpanel IPCC presenterade i sin femte sammanställning om kunskapsläget gällande framtida klimat antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser: RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways, ICONICS, 2013) (IPCC, 2013). RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till år 2100. Med scenariernas hjälp kan slutsatser dras om hur människors agerande kan påverka framtiden och hur förändringarna påverkar oss.

De tre scenarierna RCP2.6, RCP4.5 och RCP8.5 täcker in en stor variationsbredd avseende framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären. RCP2.6 bygger på en mycket kraftig klimatpolitik där utsläppen av koldioxid kulminerar år 2020 och där medeltemperaturhöjningen begränsas till maximalt 1,7 °C. RCP4.5 bygger på begränsade utsläpp, en kraftfull klimatpolitik, och en medeltemperaturökning på ca 1,1 – 2,6 °C. RCP8.5 antar ingen kommande klimatpolitik, och leder till en medeltemperaturökning på ca 2,6 – 4,8 °C jämfört med referensperioden. Inget av utsläppsscenarierna är mer sannolikt än något annat.

## 2.4 Stigande havsnivåer

Den globala havsnivåhöjningen får betydelse för bebyggelseutveckling längs Sveriges kuster. Hur det påverkar oss i Sverige beror på var man befinner sig. I Sverige är det kusten längs Skåne, Halland och Blekinge som kommer att drabbas hårdast, eftersom den pågående landhöjningen, som motverkar havsnivåhöjningen, är relativt liten i södra Sverige. I norra Sverige däremot kommer den globala havsnivåhöjningen inte att märkas lika mycket eftersom landhöjning där är större. Tillfälligt, vid exempelvis stormar och kraftiga lågtryckspassager, kan havsnivån bli betydligt högre än medelnivån.

Hösten 2019 publicerade FN:s klimatpanel, IPCC, specialrapporten ”Havet och kryosfären i ett förändrat klimat”, (IPCC, 2019). Sammanställningen visar att den globala medelhavsnivån kan komma att stiga 0,6 till 1,1 meter fram till slutet av detta århundrade utifrån klimatscenario RCP8.5, se Figur 2. RCP8.5 är det klimatscenario som ger den högsta havsnivåhöjningen. Rapporten är tydlig med att det finns osäkerheter i beräkningarna och att havsnivåhöjningen kan bli större eller mindre (IPCC, 2019).



Figur 2. Projektioner av global havsnivåhöjning fram till 2300. Figuren visar medianvärde (heldragen/streckad linje) och det tillhörande sannolika intervallet (färgat område) för RCP2.6 och RCP8.5. Med sannolikt intervall avses det intervall i vilket värdet ligger med en sannolikhet på 66 %. Projektioner på längre tidsskala är behäftade med stora osäkerheter (IPCC, 2019). Figuren är hämtad från IPCC 2019, Figure 4.2 sida 327.

För att få en uppfattning om hur Sverige kan påverkas kan en jämförelse göras med landhöjningen. Vid Falsterbo-Skanör, söder om Malmö, är landhöjningen i snitt 0,077 cm/år, vilket motsvarar en landhöjning om ca 6 cm från idag (2021) till slutet av

århundradet. Vid Ratan, norr om Umeå, är landhöjningen ca 0,95 cm/år vilket motsvarar en landhöjning om ca 76 cm från idag fram till slutet av århundradet.

## 2.5 Stigande havsnivåer i kommunal planering

Hur stigande havsnivåer ska hanteras i den kommunala planeringen börjar bli en allt större fråga, men det råder också en osäkerhet kring hur kustlandskapet konkret ska kunna utformas för att kunna skydda mot havet, samt hur landskapet ska kunna anpassas efter ett stigande hav där skydd av olika skäl inte är möjliga. I många kustkommuner görs prognoser i översikts- och detaljplaner för var en framtida strandlinje kommer att löpa när havet stiger och man gör bedömningar av hur många meter vattenytan kommer att nå vid Extremsituationer (MSB, 2017).

Regelverket som styr tillkomsten av kommunernas planer finns i Plan- och bygglagen (PBL). I PBL finns t.ex. bestämmelser som innebär att man måste ta hänsyn till både miljö- och klimataspekter när man planerar och bygger. Att sådana generella regler följs kontrolleras bl.a. av länsstyrelserna, och i frågor om anpassning till stigande havsnivåer kommer det därför i många fall till diskussioner och förhandlingar mellan kommuner och länsstyrelse. Generellt behöver kommuner ha goda säkerhetsmarginaler vid planering av markanvändning där översvämning kan ge stora konsekvenser. Därför är oftast RCP8.5 en lämplig utgångspunkt för fysisk planering och kan ses som ett sätt att hantera de stora osäkerheter som finns avseende framtiden (Boverket, 2020). SMHI lägger inte någon värdering i vilket klimatscenario som används vid planering.

Fler och fler restriktioner för byggande nära kusten utarbetas nu i många kustkommuner och planer på olika åtgärder som ska skydda befintlig bebyggelse läggs också in i planerna. Vilka åtgärder som planeras beror av hur man i kommunen uppfattar hotet från stigande havsnivåer, vad som hotas, hur det värderats, samt kommunernas egna resurser. De största utmaningarna finns i befintlig, lågt liggande, kustnära stadsbebyggelse där marginalerna för högvatten krymper i takt med att havet stiger (MSB, 2017).

Idag har ett flertal kommuner i södra Sverige bestämmelser om att inte tillåta bebyggelse nedanför den s.k. tre-meterskurvan, dvs. den höjdkurva som idag löper tre meter ovanför havets nivå. Den utgör den generellt beräknade gräns dit havet skulle kunna nå under en Extremsituation, i regel i ett hundraårsperspektiv. Det görs dock ofta undantag från denna regel, inte minst i de större städernas centrala delar, eftersom man där resonerar att staden i en framtida situation ändå måste skyddas med någon form av anläggningar vid eller utanför den nuvarande kusten. I Skåne har man börjat tala om "reträttzoner", vilket kan vara utsatta kustavsnitt som man vet kommer att förändras, och där detta tas in i planerna (MSB, 2017).

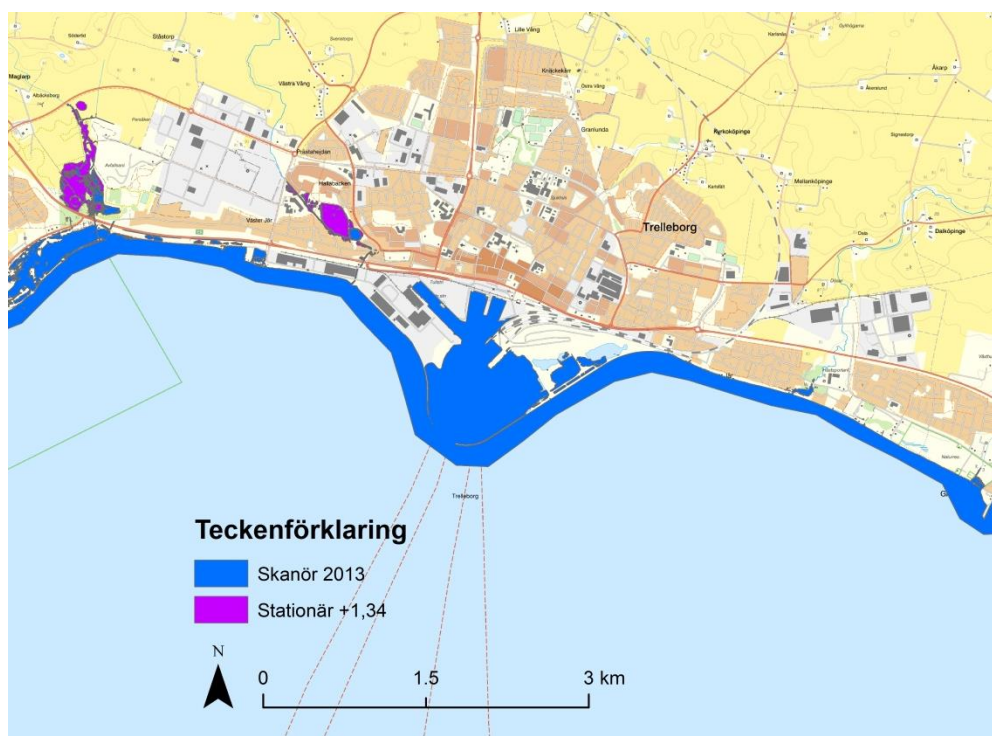
### 3 Resultat

Resultat från beräkningar redovisas nedan. I avsnitt 4 redogörs för hur beräkningarna genomförts.

#### 3.1 Fall 1 – Högvattenhändelse i december 2013

Översvämningsutbredning vid händelseutvecklingen enligt en händelse registrerad vid mätstationen i Skanör 2013 redovisas i Figur 3 tillsammans med översvämningsutbredning vid en stationär maxnivå på +1,34 m i RH2000 (*GIS-metoden*).

Genom att studera vilka markområden som kommer hamna under vatten vid en stationär maxnivå överskattas översvämningsutbredningen med ca 23 hektar jämfört med en hydrodynamisk analys där högvattenhändelsens dynamik återspeglas i beräkningarna. En kartering enligt *GIS-metoden* resulterar i en översvämningsutbredning som är ca 5 % större.



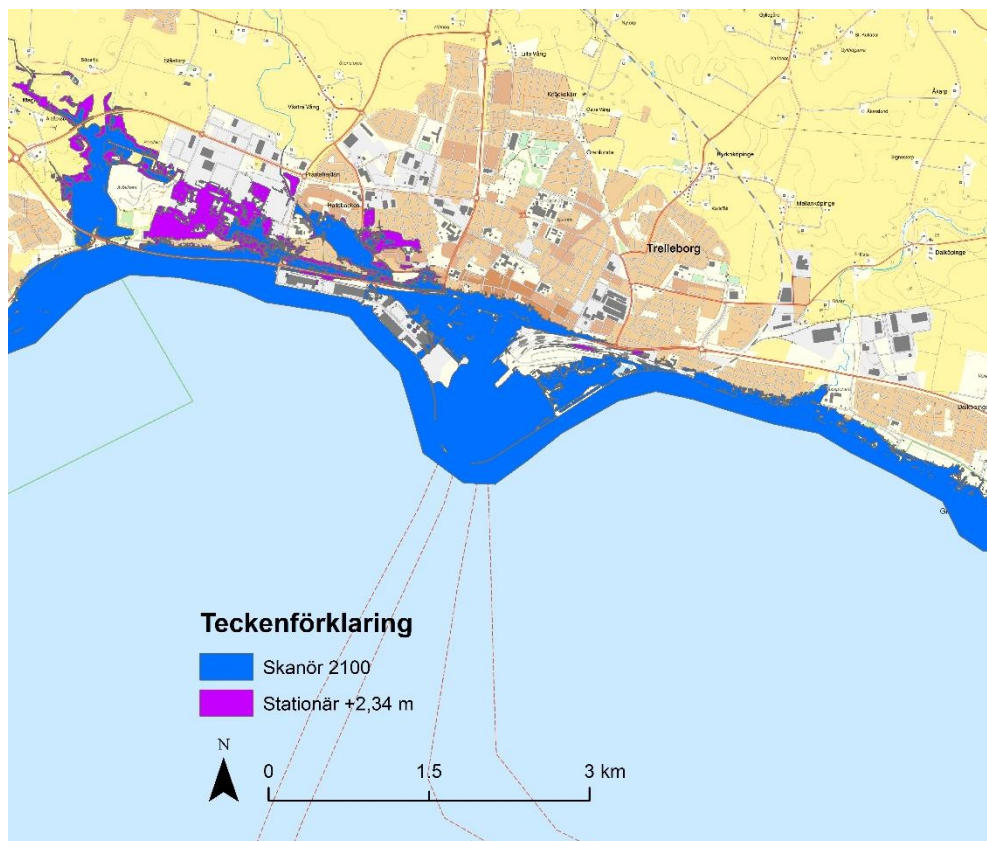
Figur 3. Beräknad översvämningsutbredning vid händelseutvecklingen i december 2013 (blått) och översvämningsutbredning vid en stationär maxnivå på +1,34 m i RH2000 (blått + rosa). Bakgrundskarta från Lantmäteriet.



## 3.2 Fall 2 - Högvattenhändelse 2100

Översvämningsutbredning vid händelseutvecklingen om händelsen vid Skanör skulle inträffa år 2100, med ett maximalt vattenstånd på +2,34 m i RH2000 med dynamiskt tidsförlopp redovisas i Figur 4 tillsammans med översvämningsutbredning vid en stationär maxnivå på +2,34 m i RH2000 (*GIS-metoden*).

En stationär maxnivå överskattar översvämningsutbredningen med ca 90 hektar, vilket motsvarar ett ca 15 % större område, jämfört med en hydrodynamisk analys där varaktigheten av högvattnet återspeglas i beräkningarna.



Figur 4. Beräknad översvämningsutbredning vid händelseutvecklingen om händelsen i december 2013 skulle inträffa år 2100 (blått) och översvämningsutbredning vid en stationär maxnivå på +2,34 m i RH2000 år 2100 (rosa). Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

## 4 Metod

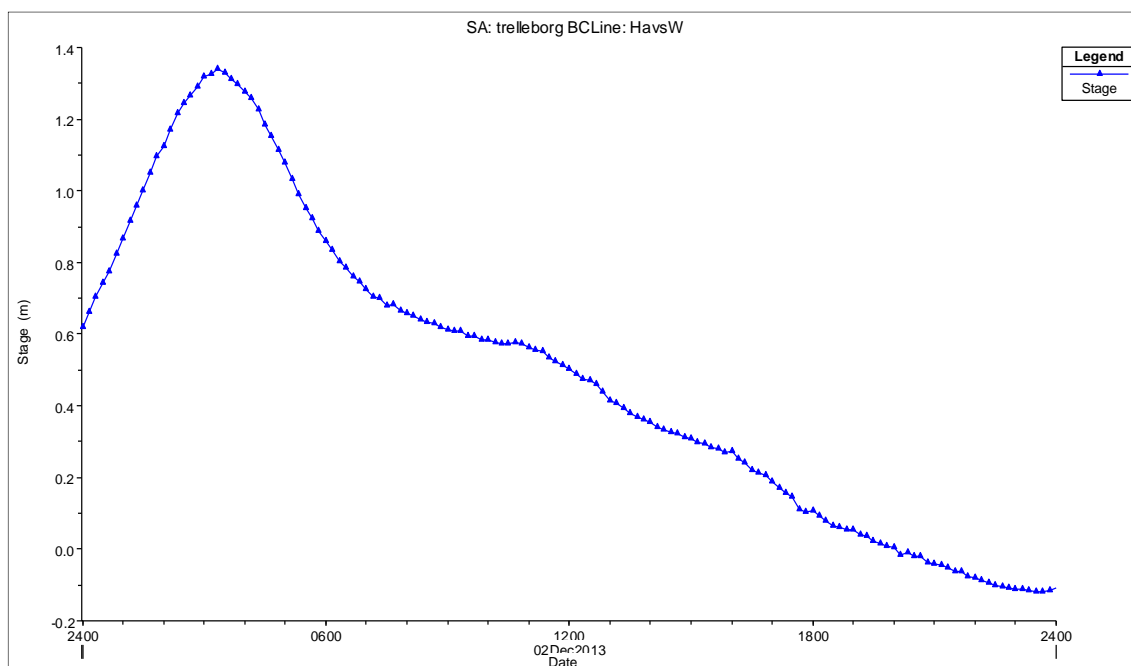
### 4.1 Hydrodynamisk modellering

För beräkning av havsvattnets översvämningsutbredning vid olika varaktigheter har den hydrodynamiska modellen HEC-RAS (Hydraulic Engineering Centre River Analysis System) använts. Modellen är utvecklad av US Army Corps of Engineers (USACE, 2020) och är internationellt väletablerad för beräkning av strömning och vattenstånd i en eller två dimensioner.

En tvådimensionell hydrodynamisk modell har etablerats för Trelleborgs havsnära delar mellan Kurland i väster och Gislövs läge i öster. I modellen har höjddata från Lantmäteriet i form av Nationell Höjddmodell (NH) med upplösning en meter använts.

## 4.2 Analyserade fall

För att analysera översvämningens faktiska utbredning vid en högvattenhändelse i havet har data (10-minutersvärden) från mätstationen Skanör använts som randvillkor för att beskriva händelseförloppet, se Figur 5.



Figur 5. Vattenstånd vid mätstationen Skanör från den 2:e december 2013 Gorm vilket använts som randvillkor i de hydrodynamiska beräkningarna.

### 4.2.1 Fall 1 – Skanör december 2013

Tidsberoende beräkningar med en havsvattenståndsutveckling enligt observationer från Skanör 2013 har jämförts med en stationär beräkning med ett vattenstånd som motsvarar maxvärdet (+1,34 m i RH2000) av havsvattenståndet under händelsen i Figur 5.

### 4.2.2 Fall 2 - Skanör 2100

För att simulera hur en stormhändelse i framtida klimat skulle kunna påverka översvämningens utbredning har havsvattenståndsutvecklingen vid händelsen i december 2013 ”flyttats” till år 2100. Med ett antagande om en framtida havsnivåhöjning enligt den övre gränsen av det intervall som ges av IPCC 2019 för RCP8.5 blir maxnivån ca +2,34 m i RH2000. Utifrån detta antagande har hydrografien i Figur 5 skalats upp.

## 5 Slutsatser

Den maximala högvattensituationen vid extrema havsvattenstånd har oftast ett kort förlopp vilket innebär att marken inte alltid hinner översvämmas i samma omfattning som om händelsen skulle pågå flera timmar.

Den högvattenhändelse som använts vid analysen för Trelleborg är inte lika hög och kortvarig som den högvattenhändelse vilken användes vid fallstudien för Halmstad. Skillnaderna i översvämningsutbredning då en realistisk analys av händelseförloppet jämförs med *GIS-metoden* blir därför förhållandevis liten. Det kan ändå vara värdefullt att jämföra översvämningsens utbredning utifrån tidsvarierat och dynamiskt vattenstånd i havet med motsvarande utifrån ett stationärt vattenstånd. På så sätt fås en uppfattning om översvämningsens utbredning överskattas. Vid vissa platser skulle en eventuell överskattning av översvämningsens utbredning kunna vara betydande.

En annan förklaring till den lilla skillnaden är att det vid Trelleborg inte finns en låglänt (översvämningsbar) yta innanför en barriär, varigenom ett vattendrag mynnar, på samma sätt som vid Fylleåns mynning vid Halmstad.

## 6 Diskussion

Beräkningarna har inte verifierats mot uppmätta vattennivåer eller kartor över faktisk översvämningsutbredning vid aktuellt tillfälle. Analysen gör därför inga anspråk på att redovisa korrekta översvämningsutbredningar. Däremot kan konstateras att man med denna metod kommer mycket närmare sanningen i form av vilka markområden som verkligen hinner översvämmas, vid de snabba händelseutvecklingar som kännetecknar stormar, jämfört med att använda sig av *GIS-metoden*.

## 7 Referenser

- Boverket, 2020. Klimataspekter och tidsperspektiv [WWW Document]. Boverket. URL [https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning\\_naturolyckor/tidsperspektiv/](https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tidsperspektiv/) (accessed 2.6.20).
- IPCC, 2019. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- IPCC, 2013. *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, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- MSB, 2017. Inför hotet om stigande havsnivåer. Planering och design av ett föränderligt landskap. Publikationsnummer MSB1140.
- SMHI, 2021. Klimatanpassning genom planerad reträtt. Visualisering av översvämnning med hänsyn till varaktighet - fallstudie Fylleån. SMHI dnr 2018/912/9.5.
- USACE, 2020. HEC-RAS River analysis system – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

