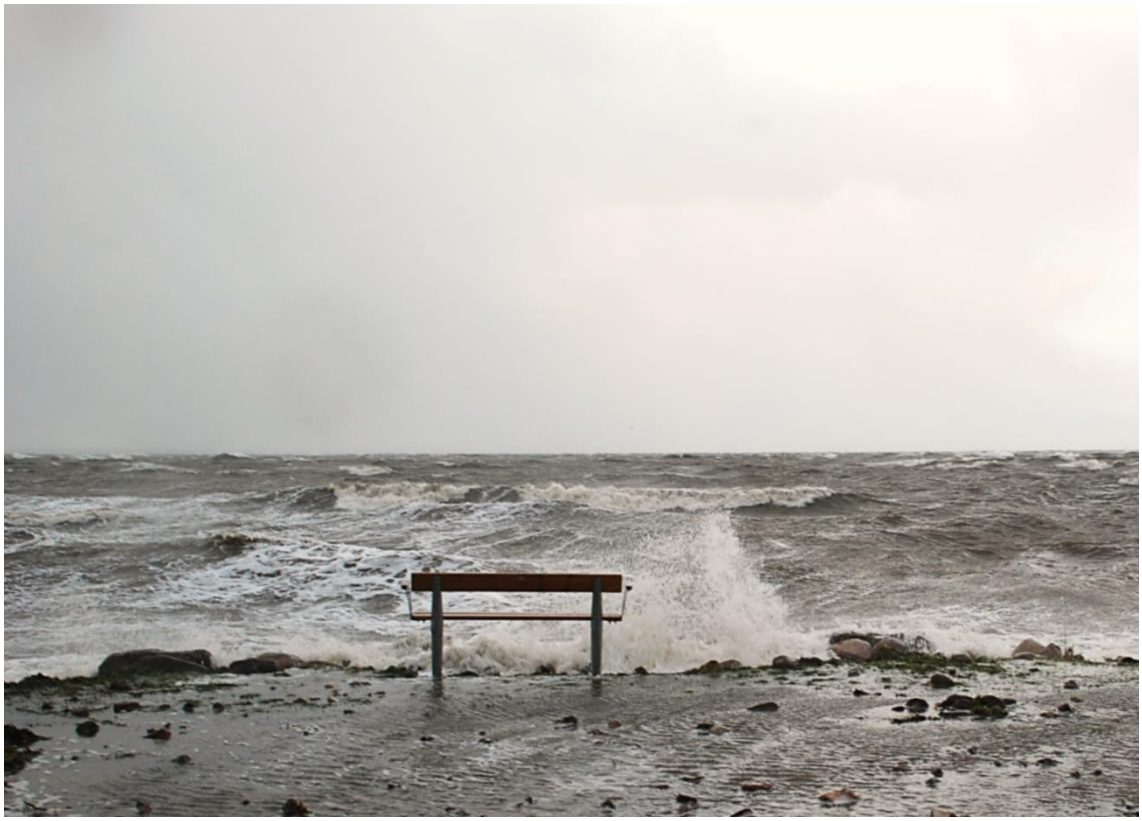
# PM - MODELLERING AV VINDUPPSTUVNING

UNDERLAG TILL KLIMATANPASSNINGSPLAN FÖR HELSINGBORGS STAD

UPPDRAGSNUMMER 1220237310



DATUM

2016-05-30

repo001.docx 2015-10-05

## Förord

Sweco har fått i uppdrag av Helsingborgs stad att genomföra en klimatanalys i syfte att utgöra underlag till en framtida klimatanpassning av Helsingborgs stad. Föreliggande PM syftar till visa hur vattennivån vid stormtillfällen skiljer sig mellan Helsingborg och SMHI:s station i Viken. För denna PM har Björn Almström varit handläggare. Teknisk granskare har varit Charlotta Lövstedt.

Björn Almström
Uppdragsledare

Olof Persson
Kvalitetsansvarig

# Innehållsförteckning

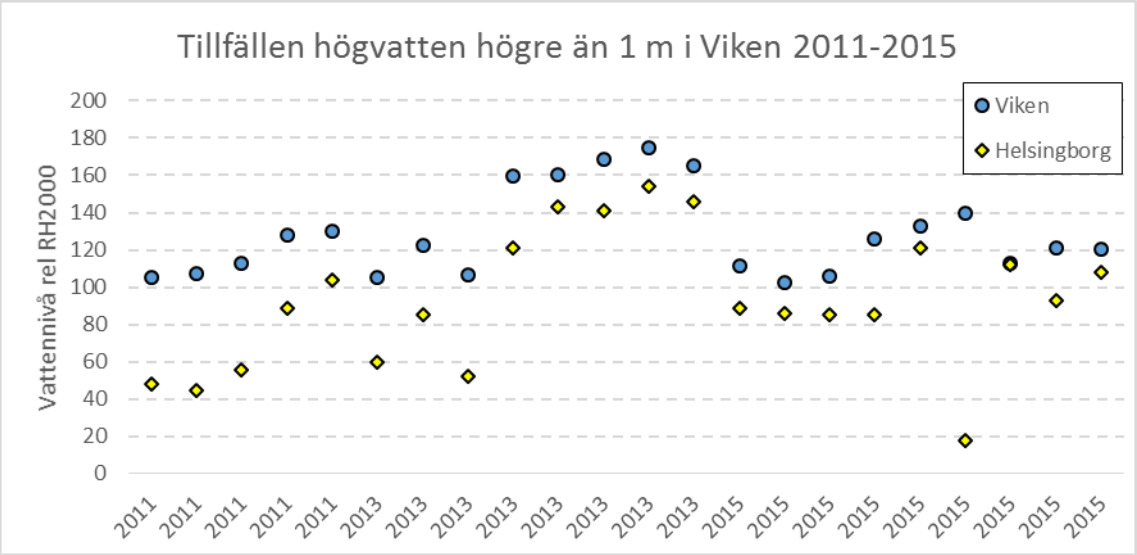

| | | |
|---|---|---|
| **1** | **Inledning** | **3** |
| 1.1 | Bakgrund | 3 |
| 1.2 | Syfte | 4 |
| 1.3 | Stormar och vinduppstuvning i Öresund | 4 |
| **2** | **Hydrodynamisk modell** | **5** |
| 2.1 | TELEMAC 3D | 5 |
| 2.2 | Modellområde och upplösning | 5 |
| 2.3 | Simulerade scenarier | 5 |
| 2.4 | Indata | 6 |
| 2.4.1 | Vattenstånd | 6 |
| 2.4.2 | Vind | 6 |
| 2.4.3 | Batymetri | 7 |
| **3** | **Kalibrering** | **8** |
| **4** | **Resultat** | **9** |
| 4.1 | Högvatten från Kattegatt (stormen Sven 2013) | 9 |
| 4.2 | Högvatten från Östersjön (1988) | 10 |
| **5** | **Slutsatser** | **11** |

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

För dimensionering av översvämningsskydd används vanligtvis statistik från uppmätta vattennivåer. Då SMHI:s station i Viken har en betydligt längre mätserie än mätstationen i Helsingborgs hamn är det Vikens station som brukar användas för beräkning av återkomsttider för Helsingborg stad (se mer om teorin bakom återkomssttid i PM Klimatscenarier). För att kunna göra en korrekt dimensionering i Helsingborg är det därför av stor vikt att veta hur vattennivån i Helsingborg förhåller sig till vattennivån i Viken.

I Helsingborgs stads översiktliga klimat- och sårbarhetsanalys från 2009 beskrivs det att extremnivån vid stormar är upp till ca 40 cm högre i Helsingborg jämfört med SMHI:s mätstation i Viken (SMHI/SGI, 2009). Detta stämmer inte vid en jämförelse mellan Helsingborgs hamns mätstation i norra hamnen med SMHI:s station i Viken, se figur 1.1. Istället indikerar jämförelsen mellan Viken och Norra hamnen att nivån är lägre i Helsingborg än i Viken.




*Figur 1.1 En jämförelse mellan mätningar från SMHI:s station i Viken och Helsingborgs hamns mätare i Norra hamnen för alla högvatten högre än 1 m för perioden 2011 till 2015.*

Om vattennivån i Helsingborg skulle vara högre än i Viken under stormtillfällen, och data från Viken används för att fastställa de dimensionerande förutsättningarna, innebär det att de dimensionerande förutsättningarna underskattas och att översvämningsskydd, såsom vallar, därmed blir underdimensionerade. För att analysera hur nivåerna skiljer sig mellan Viken och Helsingborg vid olika typer av stormtillfällen har därför en hydrodynamisk beräkningsmodell använts. Med en väl kalibrerad och verifierad modell kan man inhämta mer kunskap än då endast mätdata analyseras.

## 1.2 Syfte

Modellen över Öresund syftar till att undersöka eventuell uppstuvningseffekt av vind på vattenytan i Helsingborg jämfört med Viken. Vinduppstuvningen vid följande scenarier har undersökts:

1. Det högsta högvattnet uppmätt vid Klagshamn under perioden 1976 – 2015 i kombination med vind från tillfället för högvattnet. I syfte att simulera skillnader mellan Viken och Helsingborg för högvatten som kommer in ifrån Östersjön.
2. Det högsta uppmätta vattenståndet i Viken med vind från tillfället för högvattnet. I syfte att simulera skillnader mellan Viken och Helsingborg för högvatten som kommer in ifrån Kattegatt.

## 1.3 Stormar och vinduppstuvning i Öresund

Högvatten vid stormar uppstår på grund av interaktionen mellan atmosfären och havet. När ett vädersystem rör sig över en vattenyta är det i grunden två krafter som verkar på vattenytan, atmosfärstrycket och vinden. Atmosfärstrycket, som är lägre än normalt vid stormtillfällen, får vattenytan att stiga och för varje hektopascal som lufttrycket sjunker så stiger vattenytan med 1 cm. Ändringen i lufttrycket bidrar normalt till 10 till 15 % av högvattnet. Den dominerande parametern för högvatten är således vinden som verkar på vattenytan. Vädersystemets vind trycker vatten mot kusten och orsakar därmed en uppdämning av vatten vid kusten. En fördubbling av vindstyrkan leder till att vattennivån ökar fyrfalt (för ett generaliserat fall). Ytterligare parametrar viktiga för vinduppstuvningen är bottendjupet, där grundare vattendjup leder till ökad vinduppstuvning, och geometri av kusten, där trånga sund eller vikar leder till en ökad vinduppstuvning.

Öresund är ett speciellt vattenområde, där sundet i söder begränsas av Limhamn-Drogdentröskeln (i linje med Öresundsbron) med mycket grunda djup på 6 till 8 meter och i norr delvis begränsas av att bredden minskar markant. Båda dessa geometrier har inverkan på högvatten i Öresund. Vanligast uppträder de höga vattenstånden i Öresund vid västliga till nordliga stormar då vatten pressas in från Kattegatt och motståndet över Limhamn-Drogdentröskeln gör att vattnet hålls kvar i Öresund.

# 2 Hydrodynamisk modell

## 2.1 TELEMAC 3D

Till den hydrodynamiska 3D-modellen användes mjukvaran TELEMAC. Programmet är utvecklat av ”OpenTelemac Consortium” (Frankrike: EDFs Laboratoire National d'Hydraulique, CETMEF, ARTELIA – Storbritannien: Daresbury Laboratory, HR Wallingford – Tyskland: BundesAnstalt für Wasserbau). TELEMAC 3D beräknar strömmar, temperatur, salthalt och koncentrationer grundat på Navier-Stokes ekvationer. Ekvationerna beräknar vattnets rörelse som en funktion av gravitations-, friktions- och tryckkrafter i tre dimensioner. Beräkningarna använder ett ostrukturerat nät av finita element. Tillämpningsområdena är ytvattenmodellering i hav, sjöar och vattendrag.

## 2.2 Modellområde och upplösning

Geografiskt har modellen avgränsats till att täcka in Öresund från Viken i norr till Klagshamn i söder. Denna avgränsning möjliggör användandet av havsnivåobservationer från SMHI i Viken och Klagshamn som randvillkor till modellen, samt att SMHI:s station i Barsebäckshamn kan användas för kalibrering.

Modellen utgår ifrån ett triangulärt beräkningsnät som kan varieras i storlek för att optimera beräkningstiden samtidigt som noggrannheten på resultaten kan bibehållas. Upplösningen på beräkningsnätet är som störst 1 000 m ute i Öresund och 100 m upplösning runt kusten i Öresund. Utmed Helsingborgs kuststräcka är modellen förfinad till 50 m upplösning. Beräkningsnätet är även förfinat över Limhamn-Drogdentröskeln eftersom tröskeln har stor betydelse för vattenströmningen genom Öresund och batymetrin behöver därför ha en högre detaljeringsgrad i detta område.

## 2.3 Simulerade scenarier

Två scenarier valdes ut för simuleringen av vinduppstuvningen i Öresund, en storm som representerar ett fall där högvatten kommer in norrifrån och en storm där högvatten kommer inifrån Östersjön. De stormtillfällen som valts ut är den värsta storm för respektive typ under perioden som SMHI:s mätstation i Viken varit aktiv.

- Stormtillfället för den högsta observerade vattennivån vid SMHI:s station i Viken för perioden 1976 till och med 2015, vilket var stormen Sven 2013. Modellen simulerades för perioden 2013-12-05 till 2013-12-07 och innefattar stormens hela högvattenperiod.
- Högvattentillfället för den högsta observerade vattennivån vid SMHI:s station i Klagshamn under perioden då Vikens station varit aktiv, det vill säga från 1976 fram till och med 2015. Simuleringen av denna storm täckte perioden 1988-11-29 till 1988-11-30.

## 2.4 Indata

### 2.4.1 Vattenstånd

För modelleringen har havsnivåobservationer från SMHI:s stationer i Viken, Barsbäckshamn och Klagshamn använts (Figur 2.1). Dessa tre stationer har timvärden registrerade. Förutom dessa stationer har även Helsingborgs hamns station, som är belägen i Norra hamnen, använts.

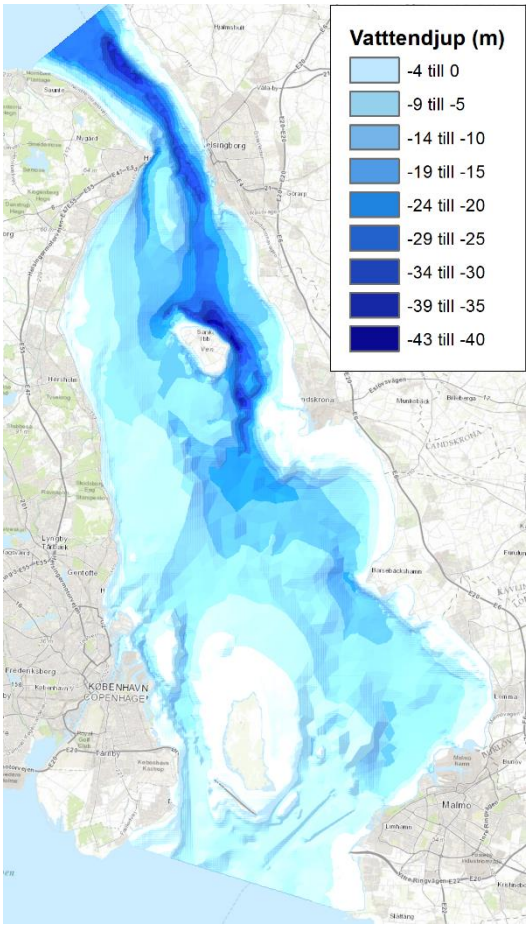
*Figur 2.1 Lokalisering av SMHI:s mätstationer Viken, Barsebäckshamn och Klagshamn. Helsingborgs hamns mätstation ligger i Helsingborgs norra hamn. De svarta streckade linjerna markerar gränserna på den hydrodynamiska 3D-modellen.*

### 2.4.2 Vind

Vind från SMHI:s mätstation i Helsingborg har använts i modellen. Mätaren står inne på land och därför har den maximala byvinden använts för att motsvara vinden ute på öppet vatten.

### 2.4.3 **Batymetri**

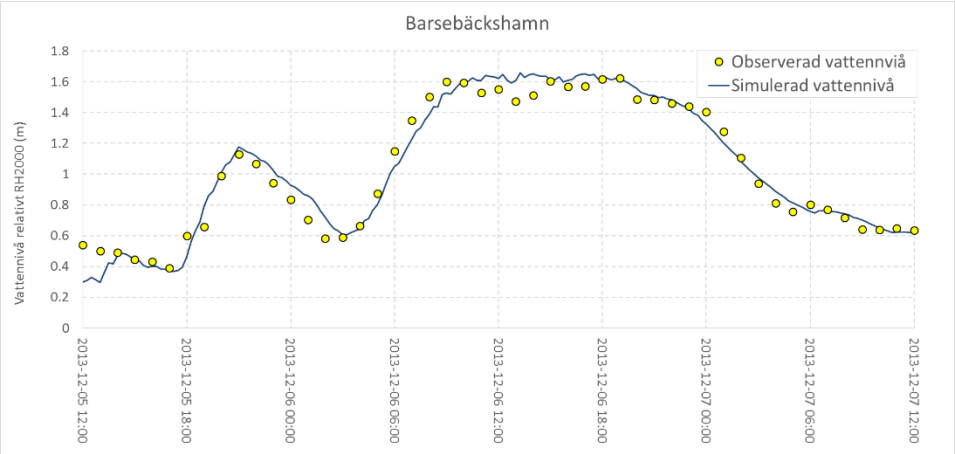
Sjöfartsverkets sjökort har digitaliserats och interpolerats till en komplett höjdmodell av Öresunds botten (figur 2.2). Öresund är relativt grunt och djup över 20 m förekommer bara runt Ven och i norra Öresund. I södra Öresund finns Limhamn-Drogdentröskeln med djup runt 6 till 8 m. Denna tröskel medför stor påverkan för högvatten, då tröskeln kraftigt begränsar in- respektive utflödet ur Öresund. Det medför att högvatten söderifrån dämpas medan högvatten norrifrån kan förstärkas i södra delen. I norra Öresund är det djupare men betydligt smalare. Därför blir det även en liknande begränsning av inflödet till Öresund norrifrån.




Figur 2.2 *Batymetri (eller vattendjup) i Öresund som använts i den hydrodynamiska modellen.*

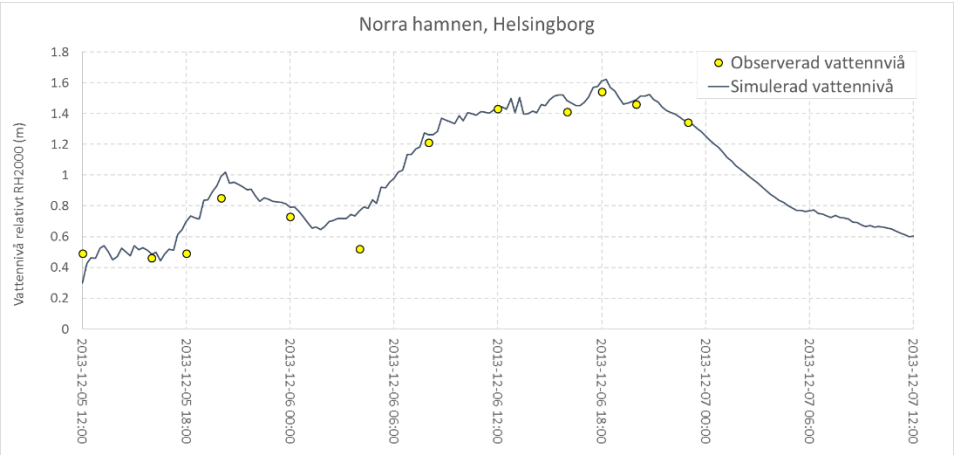
# 3 Kalibrering

Kalibrering är viktigt för att säkerställa att modellen beskriver verkligheten tillräckligt bra. För vinduppstuvningsmodelleringen har SMHI:s station i Barsebäckshamn använts för kalibrering. Stormen Sven 2013, under vilken den högsta registrerade nivån i Viken och Barsebäckshamn observerades, valdes som kalibreringsperiod. Resultat från den kalibrerade modellen kan ses i figur 3.1.




*Figur 3.1 Resultat från kalibreringen av modellen under stormen Sven. De gula punkterna visar mätvärdena för SMHI:s station i Barsebäckshamn och den mörkblå linjen visar på simulerad vattennivå i samma punkt.*

Efter kalibreringen gjordes även en jämförelse mellan modellens vattennivå i Norra hamnen i Helsingborg och de nivåmätningar som Helsingborgs hamn registrerar vid sin mätare (Figur 3.2 Resultat från kalibreringen av modellen under stormen Sven. De gula punkterna visar mätvärdena för Helsingborgs hamns mätstation i Norra hamnen och den mörkblå linjen visar på simulerad vattennivå i samma punkt.figur 3.2). Även mot denna mätserie uppvisar modellen god överenstämmelse med de observerade nivåerna under stormen Sven.



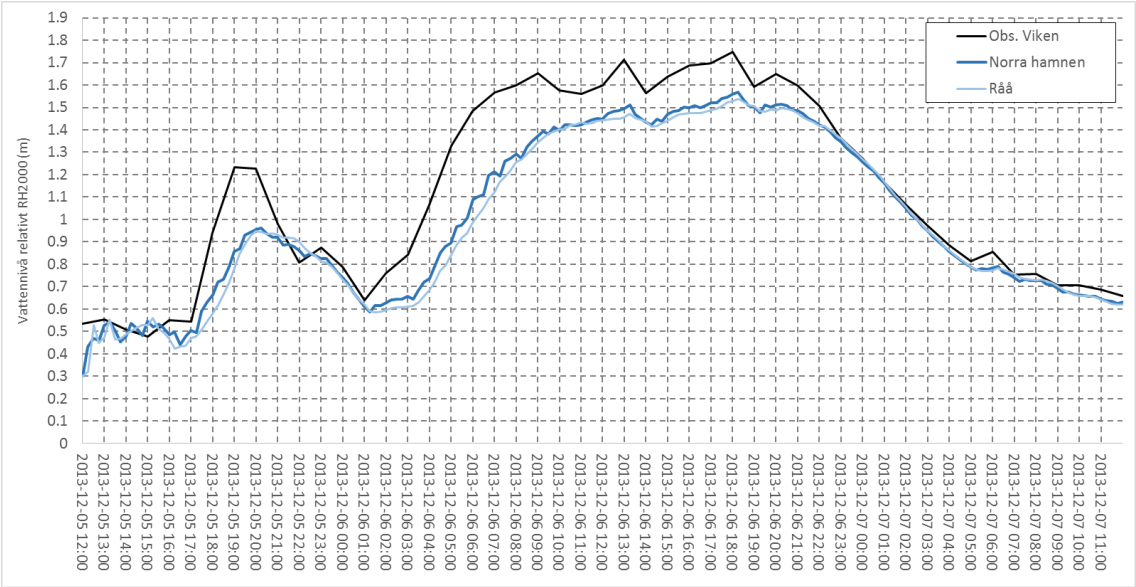

*Figur 3.2* *Resultat från kalibreringen av modellen under stormen Sven. De gula punkterna visar mätvärdena för Helsingborgs hamns mätstation i Norra hamnen och den mörkblå linjen visar på simulerad vattennivå i samma punkt.*

# 4 Resultat

Generellt visar resultaten att vinden i själva Öresund inte är lika betydelsefull för högvatten i Helsingborg som vattennivån i södra och norra Öresund, det vill säga att den höga vattennivån under stormen Sven i Öresund inte berodde på att det blåste kraftigt i Öresund utan att ett mycket vatten kom in från Kattegatt (som resultat av stormen).

## 4.1 Högvatten från Kattegatt (stormen Sven 2013)

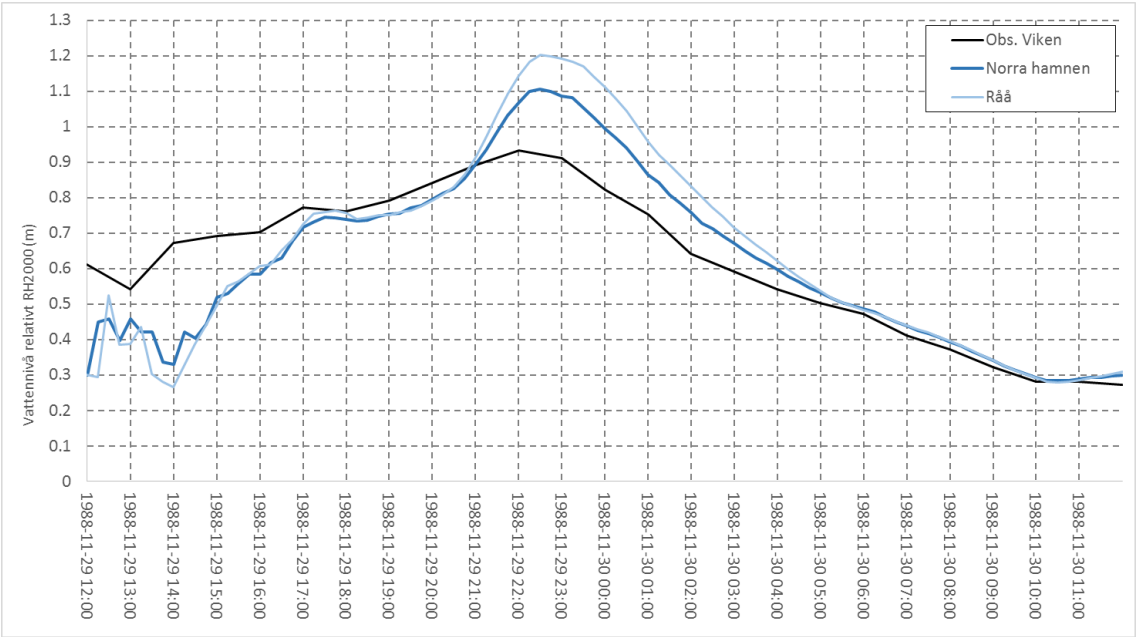
Stormen Sven, som får representera en nordlig storm, visar på hur nivåerna i Helsingborg och Råå skiljer sig från Viken. Den högsta observerade nivån i Viken under stormen Sven var +1,75 m (relativt RH2000) och i modellen är den högsta nivån i Norra hamnen +1,57 m och utanför Råå hamn var nivån i modellen +1,54 m (se figur 4.1). Skillnaden i den maximala nivån är således 18 cm lägre i Norra hamnen än i Viken och 21 cm lägre vid Råå jämfört med Viken (Figur 4.1).




*Figur 4.1* *Vattennivåer under stormen Sven från Viken (observerade nivåer av SMHI) markerad med svart linje. Simulerade nivåer är markerade med ett mörkblått streck för Norra hamnen och ett ljusblått för Råå.*

## 4.2 Högvatten från Östersjön (1988)

I syfte att undersöka hur nivåerna skiljer sig utmed kusten i Helsingborg jämfört med Viken när ett högvatten kommer inifrån Östersjön valdes den högsta uppmätta nivån i Klagshamn under den period där data även finns tillgänglig för Viken. Vid detta tillfälle noterades den högsta nivån i Viken till +0,93 m (relativt RH2000) och simulerades till +1,11 m (relativt RH2000) i Norra hamnen och +1,20 m (relativt Rh2000) vid Råå hamn. Vid denna typ av stormar visar resultaten således att vattennivån i Norra hamnen är ca 17 cm högre än i Viken och 27 cm högre vid Råå än i Viken (Figur 4.2).




*Figur 4.2* *Vattennivåer under den sydliga stormen i november 1988 i Viken (observerade nivåer av SMHI) markerad med svart linje. Simulerade nivåer är markerade med ett mörkblått streck för Norra hamnen och ett ljusblått för Råå.*

# 5 Slutsatser

Modelleringen av vinduppstuvning i Öresund stödjer inte den tidigare uppgiften om att vinduppstuvningen i Helsingborg är ca 40 cm högre än vid SMHI:s station i Viken. Snarare är nivån ca 20 cm lägre i Helsingborg då högvatten kommer in norrifrån. När högvatten kommer in söderifrån visar modellen att nivån blir högre i Helsingborg än i Viken (ca 20 till 30 cm). Resultaten är i linje med den jämförelse av uppmätta nivåer i Viken och Helsingborg som presenterades i kapitel 1.

Att addera 40 cm till de återkomstnivåer som beräknats från SMHI:s station i Viken ger därför en överskattning av nivån i Helsingborg och det rekommenderas istället att de framräknade nivåerna tas direkt från Viken utan att addera 40 cm. Vid nordliga stormar, som är de som oftast ger extrema högvatten, ger det en något konservativ nivå jämfört med om statistik varit baserad på faktiska mätningar i Helsingborg.

Skillnader i nivåer mellan Helsingborg och Viken belyser även vikten av att ha lokala vattenståndsmätare inom Helsingborgs stad, särskilt då modelleringen visar att för sydliga stormar är nivån högre vid Helsingborg än i Viken. Därför föreslås en översyn av Helsingborgs hamns mätare och att data lagras och tillgängliggörs inom Helsingborgs stad.