

---

PM

---

Alingsås kommun

**Översvämningsutredning för Mjörn  
- bedömning av framtida klimatpåverkad vattennivå i Mjörn**

Uppdragsnummer 1321089000

---



---

**Konceptrapport**

Göteborg 2012-01-10

**Sweco Environment AB**  
**Västra regionen**

Jonas Persson   Elisabet Sterner   C-G Göransson

Mats Andréasson - Uppdragsledare

---

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

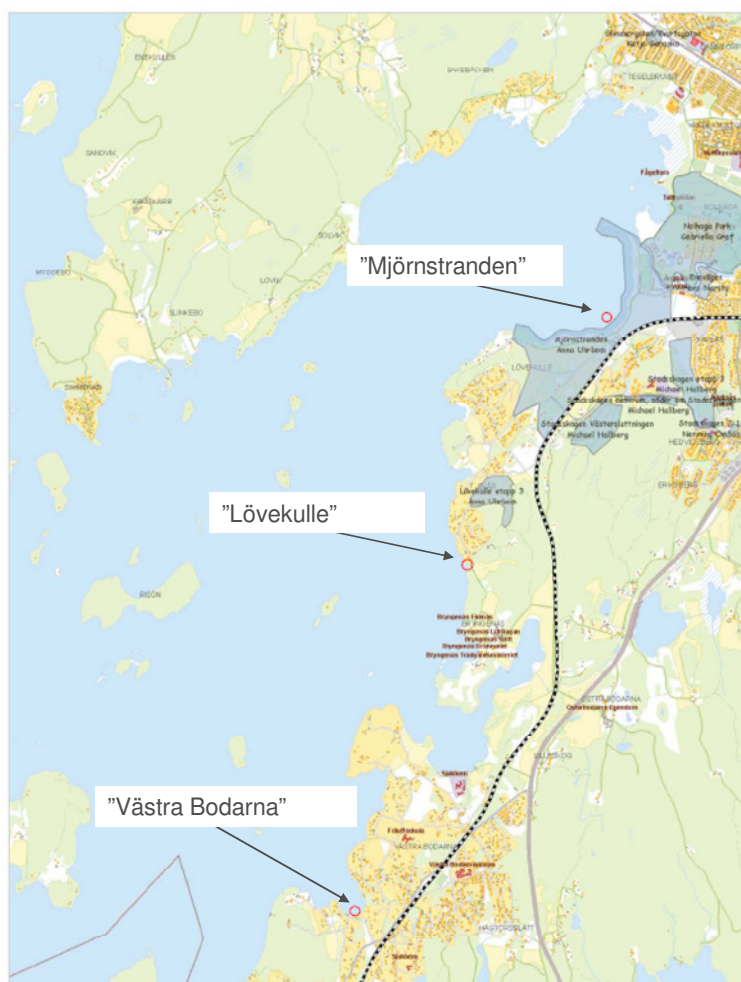
|          |                                                                  |          |
|----------|------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Förutsättningar och syfte</b>                                 | <b>3</b> |
| <b>2</b> | <b>Bakgrund</b>                                                  | <b>4</b> |
| <b>3</b> | <b>Allmänt om klimatpåverkan i Västra Götaland</b>               | <b>4</b> |
| <b>4</b> | <b>Utredningsmetodik</b>                                         | <b>5</b> |
| <b>5</b> | <b>Beräkning av vattennivå i Mjörn från klimatpåverkat flöde</b> | <b>5</b> |
| 5.1      | Data                                                             | 6        |
| 5.2      | Metod                                                            | 6        |
| 5.3      | Resultat                                                         | 7        |
| <b>6</b> | <b>Beräkning av våghöjd och vinduppstuvning</b>                  | <b>9</b> |
| 6.1      | Beräkningsmetodik                                                | 9        |
| 6.2      | Resultat                                                         | 10       |

## 1 Föreläggningar och syfte

På uppdrag av Alingsås kommun, Plan- och byggkontoret, har Sweco utfört en studie för att beräkna framtida vattenstånd i Mjörn inom Alingsås kommun, med fokus på tre utvalda punkter. Punkterna har erhållits från kommunen, och är aktuella med hänsyn till nya planområden, se figur nedan.

Syftet med uppdraget var att beräkna framtida vattenstånd med hänsyn till

- ett klimatscenario med 60 % ökade vattenflöden den närmsta 100-årsperioden
- vindpåverkan (pålandsvind)
- vågpåverkan



**Figur 1 Aktuella punkter för beräkning av framtida klimatpåverkad vattennivå**

## 2 Bakgrund

Vattennivån i i Mjörn regleras vid Solveden där Vattenfall AB har ett vattenkraftverk. Vattenfall reglerar Mjörn enligt en avbördningskurva som motsvarar Mjörns naturliga reglering över det en gång naturliga utloppet vid Solveden.



**Figur 2 Solvedens kraftstation**

Mjörns vattenstånd och reglering har studerats av SWECO i flera tidigare utredningar<sup>1,2</sup>. I rapporten *"Mjörn regleringsutredning – Förutsättningar och resultat"* presenteras olika regleringsstrategier (säsong/prognos) med dels hänsyn till vattenförsörjning, dels för att undvika översvämning och negativa konsekvenser på ekosystemet.

Mjörns utlopp har använts som flödesmätningstation sedan 1898. Solvedens vattenföring, avbördningskurva, vattenståndsdata samt Mjörns beräknade tillrinning har utnyttjats i studien.

I tidigare utredning (SMHI), har Mjörns 100-årsvattenstånd bedömts till ca + 59,6 (RH00)

Samtliga nivåuppgifter i denna rapport anges i höjdsystem RH00.

## 3 Allmänt om klimatpåverkan i Västra Götaland

I en aktuell rapport, *SMHI, Rapport Nr 2011-45, Klimatanalys för Västra Götalands län, 2011-09-05*, har SMHI utfört en regional klimatanalys för perioden fram till slutet av detta sekel. I denna visas på konsekvenserna av ett förändrat klimat, med avseende på

<sup>1</sup> C-G Göransson, *Förutsättning och resultat från regleringsutredning angående Mjörn, Sammanfattning som underlag för samråd med Länsstyrelsen*, SWECO VBB VIAK, 2001

<sup>2</sup> C. Wennberg & E. Zinn, *Mjörn regleringsutredning – Förutsättningar och resultat*, SWECO VIAK AB, 2003

temperatur, nederbörd och vattenföring utgående från de senast tillgängliga klimatscenerierna. För att ge en bild av osäkerheter om framtidens klimat har ett flertal klimatscenerier använts.

I rapporten sammanställs följande huvuddrag för Västra Götalands län:

- Klimatberäkningarna visar en samstämmig successiv ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet, men med stor spridning mellan beräkningarna. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Årsmedeltemperaturen ligger i medeltal 4-6 °C högre mot slutet av seklet jämfört med dagens klimat. Det regionala temperaturmönster som framträder över länet i dagens klimat, med varmare förhållanden vid kusten och svalare på de mer höglänta områdena, kvarstår i framtidsberäkningarna.
- Årsmedelnederbörden ökar 10- 30 % i slutet av seklet. Den största ökningen av nederbörden sker under vinterhalvåret. Det regionala nederbördsmönstret över länet kvarstår och nederbördsökningen i mm är störst längs kusten och minskar inåt landet.
- En analys av nederbörden 1961-2010 visar att årets största dygnsnederbörd har ökat. De kraftiga regnen förväntas även öka i framtiden.
- Snötillgången minskar avsevärt efterhand som klimatet blir varmare. Perioden med snötäckt mark minskar redan i mitten av seklet med ca 1 månad.
- Vattenföringens variation under året förändras mot högre flöden under höst-vinter och lägre vårfod. Lågvattenperioden blir längre och med lägre flöden. Grundvattenförhållanden påverkas på motsvarande sätt. Det beräknade framtida 100-årsflödet väntas öka för vissa områden och minska för andra i länet.
- Med antagande av en global havsnivåhöjning på + 1m, höjs medelvattenytan med 65-80 cm längs länets kuststräcka. Havsvattenstånd med 100 års återkomsttid höjs på motsvarande sätt.

Vad gäller klimatberäkningar för framtida 100-årsflöden visar på att variationen är stor mellan de olika beräkningarna. För Söveåns tillrinningsområde visar beräkningarna (median + percentiler) på ett ökat flöde, varvid mot seklets slut en ökning på upp mot 20%.

#### 4 Utredningsmetodik

Påverkan på Mjörns vattenstånd av ökande 100-årsflöde har undersöks genom att identifiera den högsta dygnstillrinningen mellan 1950 och 2000. Detta flöde har ökat med 30 respektive 60 % och effekten på vattenståndet har sedan beräknats.

Därefter har vindpåverkan (vinduppstuvning) beräknats och våghöjdsberäkning har utförts av SMHI med vågmodellen SWAN.

#### 5 Beräkning av vattennivå i Mjörn från klimatpåverkat flöde

I en tidigare studie har tillrinningen till Mjörn mellan 1898 och 2000 beräknats. Detta gjordes genom att upprätta ett samband mellan vattennivå och avbördning och studera

nivåförändringen i sjön med mätdata från Solvedens kraftverk. I denna studie förlängdes dataserien till 2008.

Förändring av nederbörd beror av vilket scenario, t ex framtida utsläpp av växthusgaser, men även vilken klimatmodell som används. Det finns en stor osäkerhet i hur mycket tillrinningen kommer att öka. I avsnittet beräknas hur vattennivån i Mjörn mellan 1898 och 2008 hade varierat om tillrinningen varit 30 % eller 60 % högre. Dessa scenarion kallas vidare för *Scenario+30%* och *Scenario+60%*.

## 5.1 Data

Mellan 1898 och 2000 finns 1 värde/dygn. Frekvensen minskar sedan till 1 värde/vecka mellan 2000 och 2008. Nivådata saknas under perioden oktober 1948 till maj 1950 samt januari 1977 till januari 1980.

## 5.2 Metod

Tillrinningen beräknas från vattennivådata och ett avbördnings samband mellan nivå och flöde enligt stegen nedan:

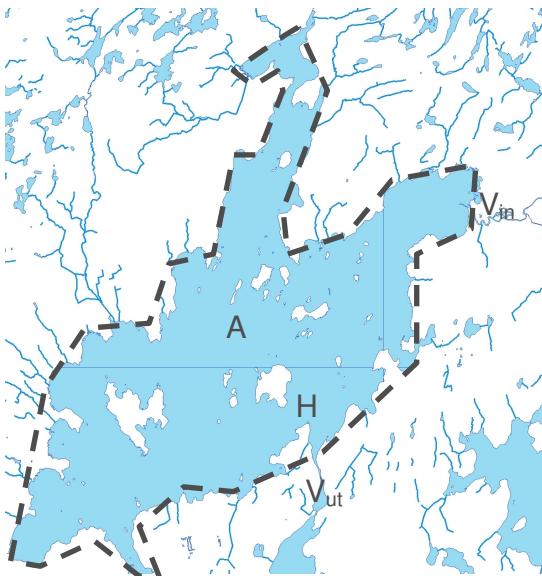
Nivåförändringen i Mjörn  $\Delta h$  i tidssteget  $t$  beräknas från nivådata  $h$  med ekvationen

$$\Delta h_t = h_t - h_{t-1}.$$

Motsvarande volymförändringen  $\Delta V$  beräknas med Mjörns area  $A$  enligt

$$\Delta V_t = A \Delta h_t.$$

Höjdkurvorna i primärkartan visar att sjöns area inte beror av nivå i så stor utsträckning. Sjöns area antas därför vara oberoende av vattennivån, 53556300 m<sup>2</sup> (53 km<sup>2</sup>).



**Figur 3 Mjörns utbredning**

Utfödet  $Q_{ut}$  har beräknats med avbörningssambandet

$$Q_{ut,t} = f(h_t).$$

Flödesvolymen ut ur Mjörn under tidsperioden  $T$  beräknas från  $Q_{ut}$  enligt

$$V_{ut,t} = Q_{ut,t} T.$$

Tillrinningen  $Q_{in}$  beräknas som differensen mellan volymförändringen till nästa tidssteg  $\Delta V_{t+1}$  och  $V_{ut}$

$$Q_{in,t} = \frac{\Delta V_{t+1} - V_{ut,t}}{T}.$$

Tillrinningen har på detta vis beräknats för hela tidsserien för att sedan multiplicerats med en faktor 1,3 eller 1,6 för scenario+30% respektive scenario+60%. Förändringen av vattennivån i Mjörn har därefter beräknats enligt

$$\Delta h_t = \frac{Q_{in,t} - Q_{ut,t}(h_t)}{A}.$$

Vattennivån i nästa tidssteg beräknas enligt

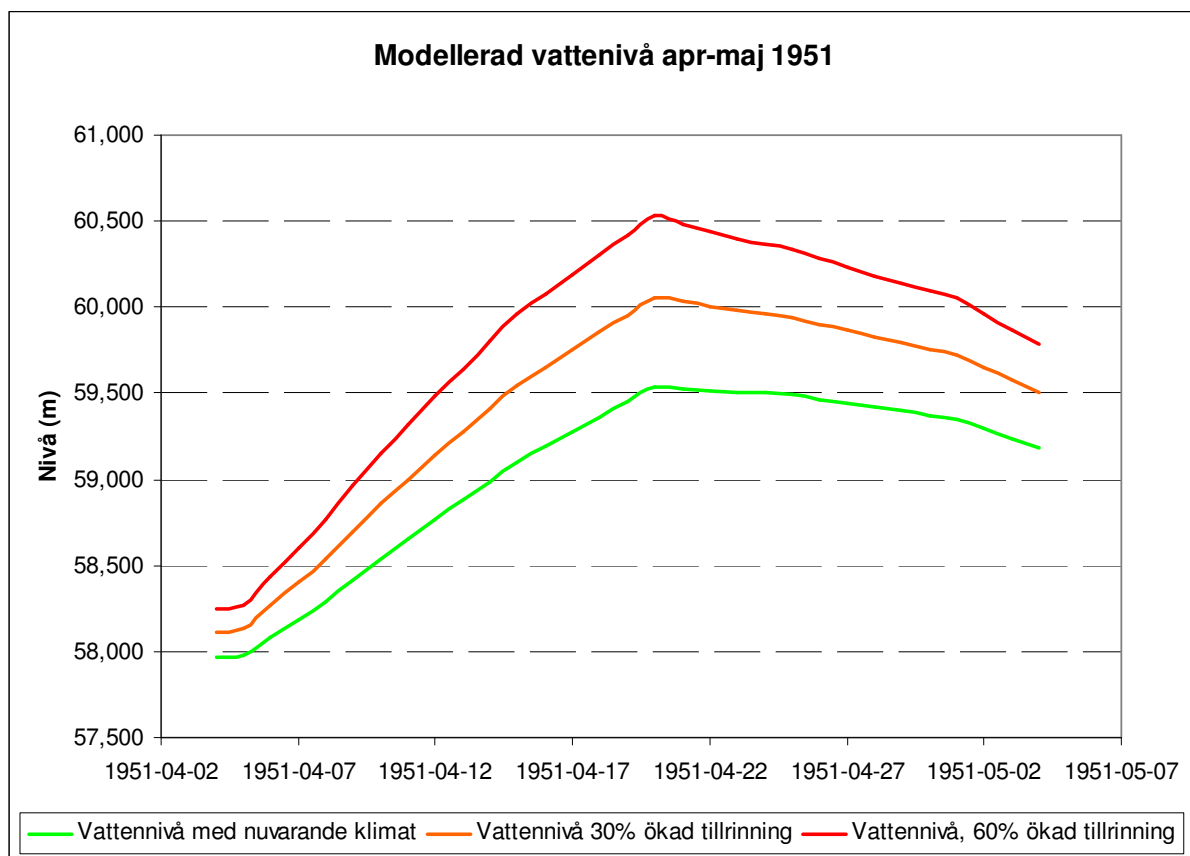
$$h_{t+1} = h_t + \Delta h_t.$$

Vattennivåns årsmax studeras för att undersöka den statistiska fördelningen. Antalet årsmax över en viss nivå räknas och divideras med antalet år i perioden. I beräkningen av årsmax används det hydrologiska året istället för kalenderår.

### 5.3 Resultat

Högsta vattenstånd under perioden, +59,59 m, uppmättes våren 1951. Nivån har överskridit 59,3 m fyra gånger under perioden, ett av dessa tillfällen var 2006. I figuren nedan visas resultatet av modellering av vattennivå med nuvarande klimat, scenario+30% och scenario+60%.

Mjörns högsta nivå blir ca **+60,0 m** för scenario+30% och **+60,5 m** för scenario+60%.

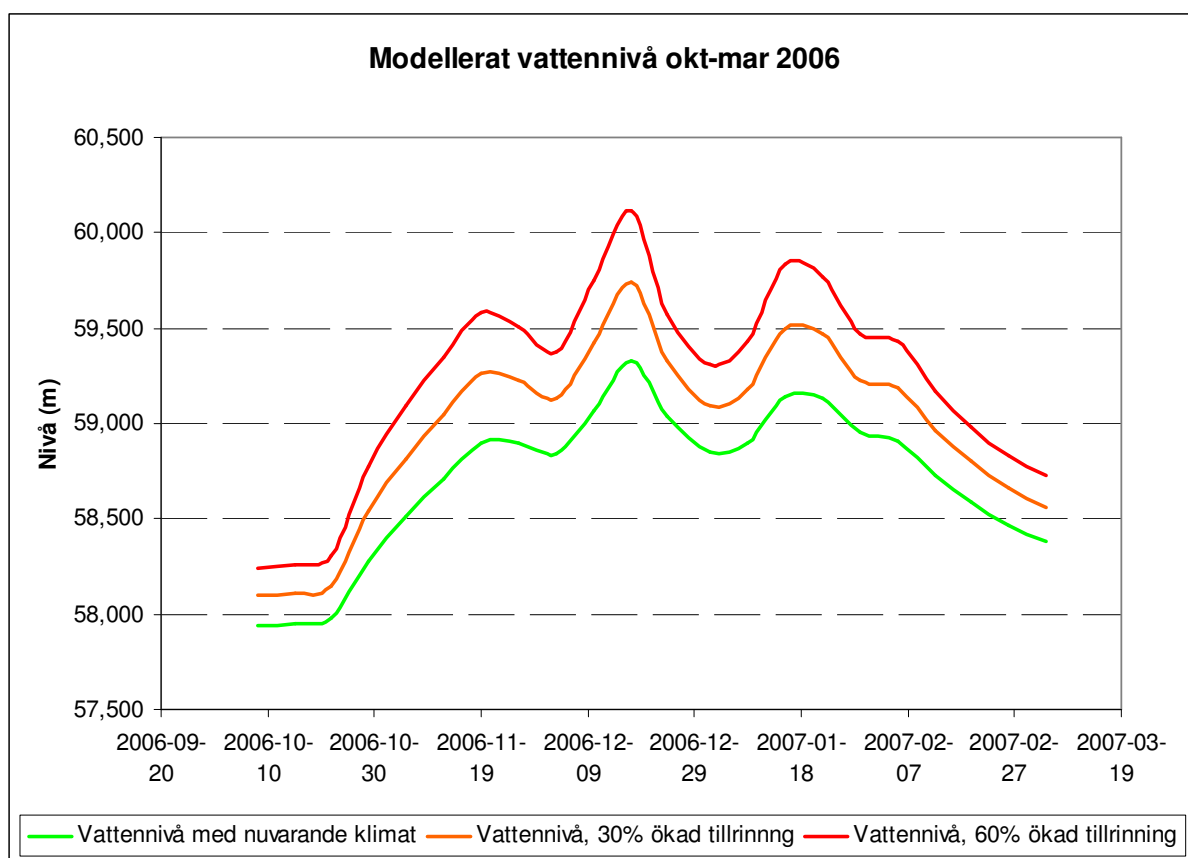


**Figur 4 Uppmätt vattennivå och modellerad nivå vid +30 % eller 60 % ökad tillrinning till Mjörn, våren 1951**

Hösten 2006 och vintern 2007 uppmättes den högsta nivån i Mjörn sen 1951. Sjöns nivå var +59,33 m enligt mätningar i Solveden. I figuren nedan visas hur nivån hade varierat i scenario+30% och scenario+60%.

Mjörns högsta nivå blir här ca +59,8 m för scenario+30% och +60,1 m för scenario+60%.





**Figur 5 Uppmätt vattennivå och modellerad nivå vid +30 % eller +60 % ökad tillrinning till Mjörn, 2006**

## 6 Beräkning av våghöjd och vinduppstuvning

**Vinduppstuvning** är när det p.g.a. pålandsvind bildas en snedställning av vattenytan upp mot kusten vilket gör att vattenståndet stiger där.

**Signifikant våghöjd** är medelvärde av den högsta tredjedelen av en serie vågor under en viss tidsperiod. Detta motsvarar också vad en betraktare uppskattar våghöjden till. C

### 6.1 Beräkningsmetodik

SMHI har i samverkan med SWECO beräknat vinduppstuvning och våghöjd för östra Mjörn. Med stöd av vinddata har högsta signifikanta våghöjd och vinduppstuvning uppskattats vid fyra beräkningspunkter i sjön Mjörn. Detta görs genom att använda historiska vinddata från stationen Säve. Stationen är belägen på Hisingen norr om Göteborg och anses vara representativ även för området kring Mjörn. Tre-timmars-data av medelvindhastighet från 1970 fram till 2006 har analyserats avseende styrka, frekvens och varaktighet.

Det tillfälle då vindhastigheten varit som högst med en varaktighet av minst tre timmar, har valts ut. Vindriktningen får heller inte variera för mycket. Detta inträffade under en storm 1973. Vindens medelhastighet översteg då 19 m/s under tre timmar och riktningen var västlig. Vindhastigheten 19 m/s har använts för uppskattning av högsta signifikant våghöjd och vinduppstuvning.

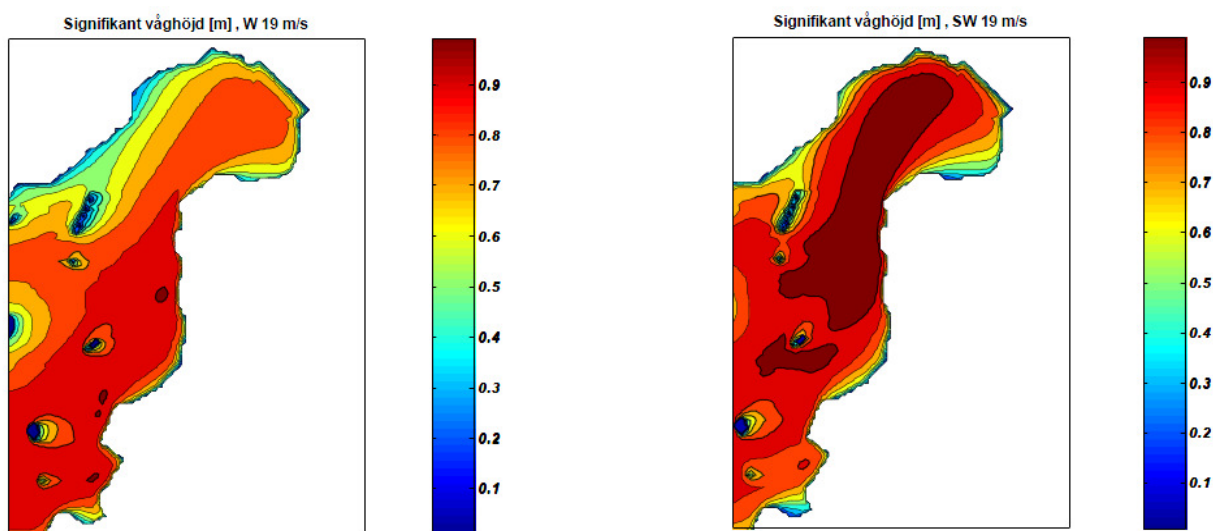
Västlig vindriktning är mest förekommande vid extrema vindtillfällen och därefter är sydvästlig mest vanligt (Fall 1 respektive Fall 2).

En vågmodell, SWAN (Simulating Waves Nearshore), har satts upp för Mjörn. SWAN är en tvådimensionell beräkningsmodell som är speciellt utvecklad för kustnära områden. Modellen hanterar bl.a. vågpropagering i tid och rum, vinddriven våggenerering och bottenfriktion. Som indata till modellen behövs djup, vindstyrka och vindriktning. Modellen har körts med ett beräkningsnät med upplösningen 40 x 40 m som innefattar större delen av Mjörn. Modellens djupdata har interpolerats genom triangulering av manuellt inlagda djupkurvor. Vindstyrka och vindriktning är 19 m/s och västlig (Fall 1) samt 19 m/s sydvästlig riktning (Fall 2). SWAN-modellens utdata är bl.a. den signifikanta våghöjden.

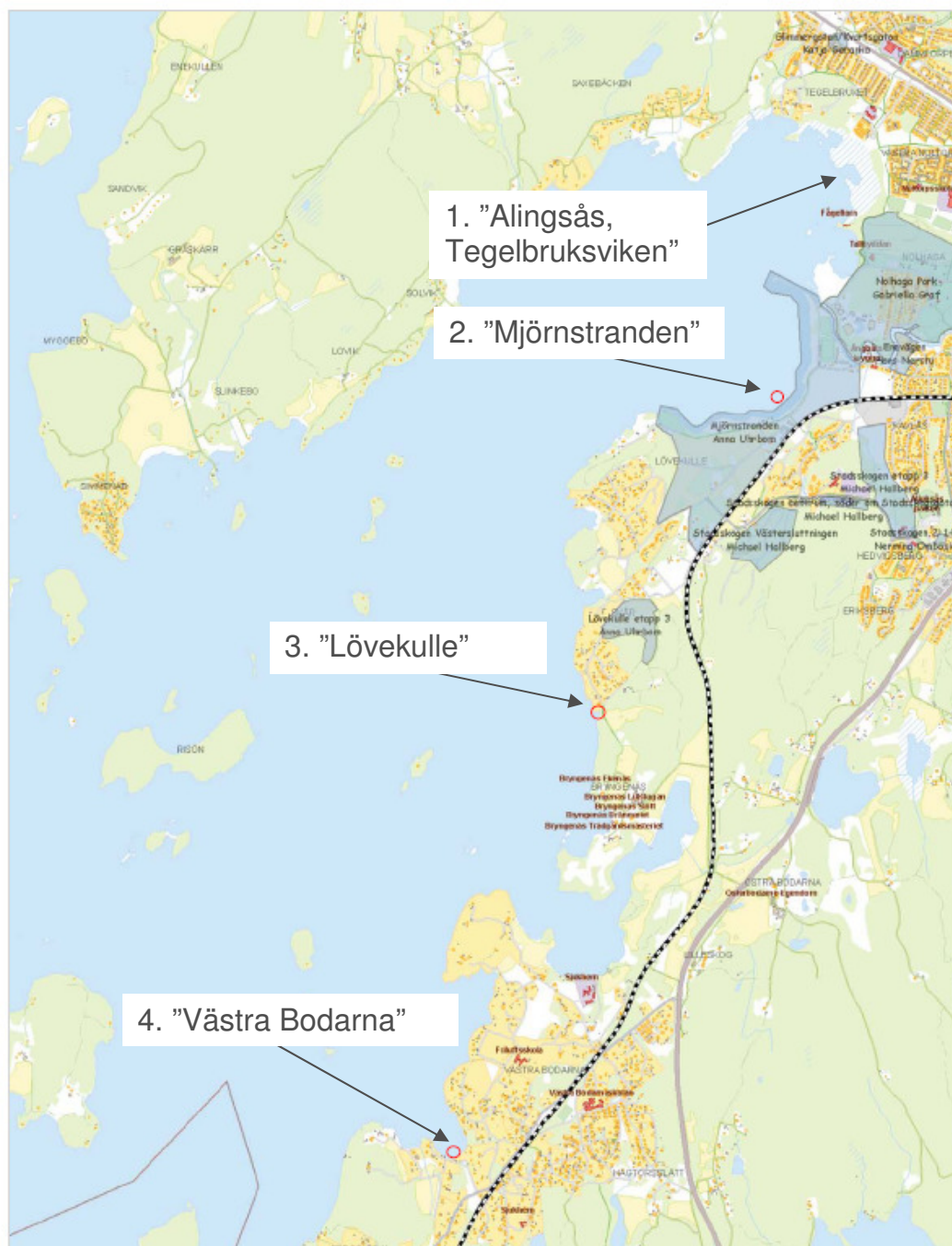
Resultaten presenteras för fyra platser i Mjörn: Alingsås (Tegelbruksviken), Mjörnstranden, Lövekulle och Västra Bodarna. Data presenteras i en punkt som ligger ca 100 m från strandlinjen för var och en av de fyra platserna.

## 6.2 Resultat

Figur nedan presenteras modellerade våghöjder i östra delen av Mjörn för västlig (vänster) respektive sydvästlig vind (höger). Dock beskrivs inte vågornas uppsköljning i modellen. Det finns metoder för att uppskatta vågornas uppsköljningshöjd, d.v.s. den vertikala höjd som vågorna sköljer upp på stranden, men det har inte undersökts vidare i denna utredning.



**Figur 6 Modellerad signifikant våghöjd för östra delen av Mjörn. Västlig vind 19 m/s (vänster) och sydvästlig vind 19 m/s (höger).**



**Figur 7 Beräkningspunkter för våghöjd och vinduppstuvning**

I tabell nedan redovisas våghöjder och vinduppstuvning för respektive punkt i Mjörn.

Värdena på vinduppstuvning inom parentes är vad det kan bli kortvarigt (under ungefär en halvtimme) precis när vinden börjat stuva upp vattnet mot kusten. Ställen markerade med – är då det inte är relevant att bestämma en vinduppstuvning eller en våghöjd p.g.a. vindens riktning eller den korta blåssträckan.

**Fall 1: Västlig vind, medelhastighet 19 m/s**

| Nr | Plats          | Signifikant våghöjd (m) | Vinduppstuvning (m) |
|----|----------------|-------------------------|---------------------|
| 1  | Alingsås       | 0.7                     | -                   |
| 2  | Mjörnstranden  | 0.6                     | -                   |
| 3  | Lövekulle      | 0.9                     | -                   |
| 4  | Västra Bodarna | 0.7                     | 0.02 (0.03)         |

**Fall 2: Sydvästlig vind, medelhastighet 19 m/s**

| Nr | Plats          | Signifikant våghöjd (m) | Vinduppstuvning (m) |
|----|----------------|-------------------------|---------------------|
| 1  | Alingsås       | 0.8                     | 0.04 (0.07)         |
| 2  | Mjörnstranden  | 0.5                     | 0.03 (0.05)         |
| 3  | Lövekulle      | 1                       | 0.03 (0.05)         |
| 4  | Västra Bodarna | 0.5                     | -                   |