

Vellinge kommun

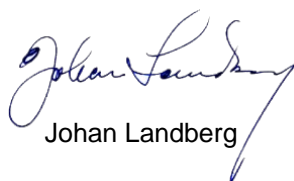
**HÖGA HAVSNIVÅER
FALSTERBONÄSET SAMT OMRÅDENA VID HÖLLVIKEN/KÄMPINGE**
UPPDRAGSNUMMER 1220063000

Konsekvenser av klimatförändringar – faktaunderlag 2010



MALMÖ 2011-07-08

**SWECO Environment AB
Kust och Vattendrag**


Johan Landberg


Björn Almström


Hans Hanson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	4
1.1	OM ÅTERKOMSTTIDER	4
2	DAGENS FÖRHÅLLANDEN	6
2.1	HÖGA HAVSNIVÅER	6
2.2	VÅGOR	7
2.3	GRUNDVATTEN	10
2.3.1	FÖREKOMST OCH NYBILDNING	10
2.3.2	GRUNDVATTENFÖRANDE JORD- OCH BERGLAGER	11
2.3.3	GRUNDVATTENNIVÅER I JORDLAGREN	12
2.4	DAGVATTEN	19
2.4.1	SKANÖR-FALSTERBO	20
2.4.2	LJUNGHUSEN	20
2.4.3	HÖLLVIKEN/KÄMPINGE	20
2.5	SKYDDADE OMRÅDEN	21
3	FRAMTIDA FÖRHÅLLANDEN	22
3.1	HAVETS MEDELVATTENNIVÅ	23
3.2	HÖGVATTENFÖRHÅLLANDEN	24
3.3	VIND	25
3.4	VÅGOR	26
3.5	NEDERBÖRD	26
3.6	GRUNDVATTEN	28
3.6.1	FALSTERBONÅSET	28
3.6.2	HÖLLVIKEN/KÄMPINGE	29
3.7	DAGVATTEN	29
4	KONSEKVENSER AV HAVSNIVÅHÖJNINGEN	30
4.1	ÖVERSVÄMNINGAR	30
4.1.1	ALLMÄNT	30
4.1.2	FALSTERBONÅSET	30
4.1.3	HÖLLVIKEN/KÄMPINGE	31
4.2	KUSTEROSION	31
4.3	SANDDEPOSITION	32
4.3.1	GENERELLT	32
4.3.2	FALSTERBONÅSET	33
4.3.3	HÖLLVIKEN/KÄMPINGE	34
5	SLUTSATSER	34
6	REFERENSER	35

2 (36)

RAPPORT
2011-07-08
FALSTERBONÅSET SAMT OMRÅDENA
VID HÖLLVIKEN/KÄMPINGE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Bilaga 1	Beräkning av våghöjder och uppspolningshöjder
----------	---

1 INLEDNING

Inom Vellinge kommun pågår arbeten med att ta fram en handlingsplan för hur kommunen skall hantera och anpassa sig till stigande havsnivåer. SWECO har tidigare upprättat ett förslag till handlingsplan för Falsterbonäset (SWECO 2009). Denna rapport har nu kompletterats att även omfatta området i anslutning till Höllvikens tätort och kustavsnittet mot Kämpingebukten. Rapporten utgör en sammanställning av tillgängliga fakta, vilka tillsammans med ett antal modelleringar av framtida översvämningssituationer, ligger till grund för de åtgärdsförslag som kommunen på nuvarande stadium ser som realistiska vid den framtida planeringen.

Som en följd av klimatförändringen förväntas översvämningssituationerna öka i sydvästra Sverige. I samband med översvämningar riskerar stora ekonomiska värden att gå förlorade. I *Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007)* uppskattas kostnaderna för återställning av översvämningar orsakade av stigande havsnivåer till 59 570 Mkr för Skåne under perioden 2010-2100. På Falsterbonäset ställs denna problematik på sin spets. Samtidigt konstaterar IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) att kostnaderna för att agera i översvämningssituationerna är mycket mindre än kostnaderna för att inte göra någonting alls (IPCC, 2007). Således finns ett ekonomiskt incitament att förebygga skador orsakade av klimatförändringen.

Vellinge kommun har därför under lång tid arbetat för att anpassa kommunen till klimatförändringens effekter, främst stigande havsnivåer.

1.1 OM ÅTERKOMSTTIDER

Risken för översvämningar har i alla tid utgjort ett hot i kustnära områden. En svårighet är emellertid att förutsäga vid vilket tillfälle och hur allvarlig en framtida översvämning kommer att bli. Historiska data utgör i detta sammanhang normalt enda tillgängliga uppgifter att utgå ifrån. Ett centralt begrepp i översvämningssituationer är den statistiska återkomsttiden för en viss händelse, till exempel högvatten eller nederbörd. Exempelvis innebär ett 100-årshögvatten att det inträffar i genomsnitt en gång på hundra år eller med andra ord att sannolikheten att 100-årshögvattnet inträffar under ett givet år är 1/100.

Man bör inte missledas till att tro att ett 100-årsvattenstånd är detsamma som ett maximalt vattenstånd. I de flesta fall beräknas 100-årshögvatten baserat på dataserier betydligt kortare än hundra år, vilket innebär att extrapolering krävs för att möjliggöra uppskattning av 100-årshändelsen. Osäkerheten i den beräknade 100-årssituationen ökar med extrapoleringens omfattning, och enligt detta resonemang är uppskattning av händelser med ännu längre återkomsttid än osäkrare.

Det bör nämnas att två 100-årshändelser mycket väl kan inträffa med kort tidsintervall, även om statistiken talar emot detta.

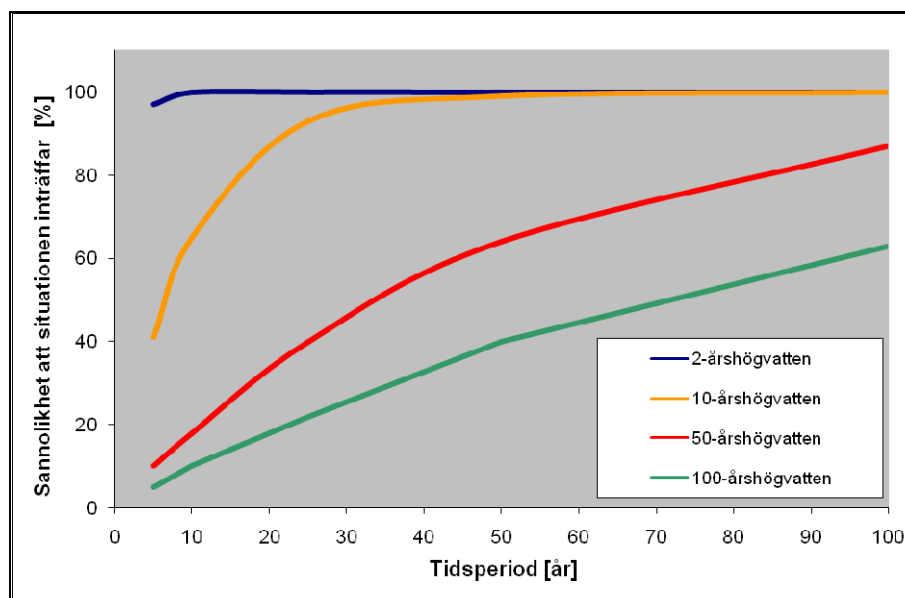
Frekvensanalys, den statistiska metod som används för att beräkna händelser med olika återkomsttid, bygger på att den utnyttjade dataserien inte är behäftad med någon trend. Ett klimat i förändring innebär just detta, till exempel en ökande trend för nederbördsdata

eller vattennivåer. Att beräkna en 100-årshändelse baserat på historiska data kan alltså redan idag innebära en underskattning, vilket bör beaktas vid dimensionering av exploateringsområden, dagvattensystem, översvämningsskydd etc.

I Tabell 1.1 och i Figur 1.1 redovisas sannolikheten för att en händelse med en viss återkomsttid uppnås eller överträffas under olika tidsperioder. Det vill säga att det är 40 % sannolikhet att ett 100-årshögvatten inträffar under en 50-årsperiod och 40 % sannolikhet att ett 50-årshögvatten inträffar under en 25-årsperiod.

Tabell 1.1 Sannolikheten [%] för att en situation med en viss återkomsttid uppnås eller överträffas under olika tidsperioder

Återkomsttid [år]	Tidsperiod [år]				
	5	10	25	50	100
2	97	99.9	100	100	100
10	41	65	93	99	100
50	10	18	40	64	87
100	5	10	22	40	63



Figur 1.1 Sannolikheten för att ett högvatten med en viss återkomsttid uppnås eller överträffas under olika tidsperioder.

2 DAGENS FÖRHÅLLANDEN

2.1 HÖGA HAVSNIVÅER

På Falsterbonäset finns två mätserier över vattenstånd. Den äldsta serien är de vattenstånd som noterats av brovakten vid Falsterbokanalen mellan 1942 och 1998. Den är således numera nedlagd. Skanörs hamn startades mätningar först 1992 av SMHI. Denna mätstation är idag den enda aktiva stationen på Falsterbonäset. Det högsta officiellt observerade vattenståndet i Skanörs hamn noterades 1997 och var 137 cm över medelvattenståndet, men det finns historiska uppgifter på att det 1872 förekom ett högvatten med nivån +2,26 m. Det högsta registrerade vattenståndet i Falsterbokanalen noterades år 1992 med en nivå 156 cm över normalvattenståndet.

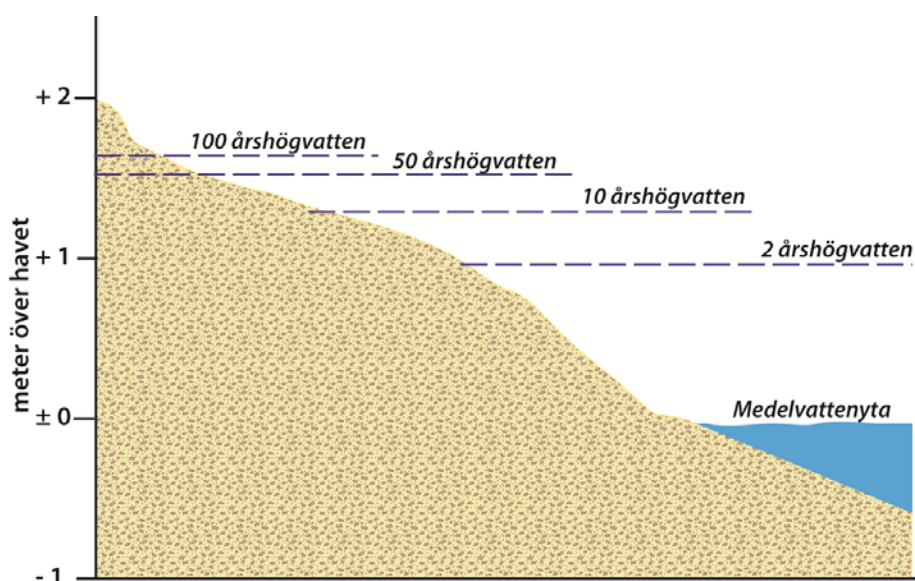
Beräknade statistiska återkomstnivåer från observerade data kan ses i Tabell 2.1. Som en följd av tidsseriens begränsade längd för Skanörs hamn har SMHI inte beräknat något 100-årsvattenstånd för Skanör.

Tabell 2.1 Beräknade högvattennivåer i förhållande till dagens medelvattennivå för olika återkomsttider idag (SMHI, 2008).

Återkomsttid	2 år	10 år	50 år	100 år
Skanör (1992-2006)				
Vattennivå [cm relativt RH70]	110	133	139	-
95% konfidensintervall	92-110	122-144	134-150	-
Falsterbokanalen (1942-1998)				
Vattennivå [cm relativt RH70]	99	130	155	164
95% konfidensintervall	94-105	122-145	140-189	146-211

Som framgår av tabellen redovisar de två skilda analyserna olika värden för 50-årshögvattnet inom intervallet 139-155 cm. Detta beror på vilken tidsserie som utgör basen för analysen och hur trendanalysen genomförts. Utgående från Falsterbokanals längre mätserie och med hänsyn till konsekvenserna av en högvattensituation är det idag rimligt att utgå från ett 100-års värde på ca 160 cm i den fortsatta planeringen.

Vattennivåerna vid Falsterbokanalen för de olika återkomsttiderna illustreras även grafiskt i Figur 2.1.

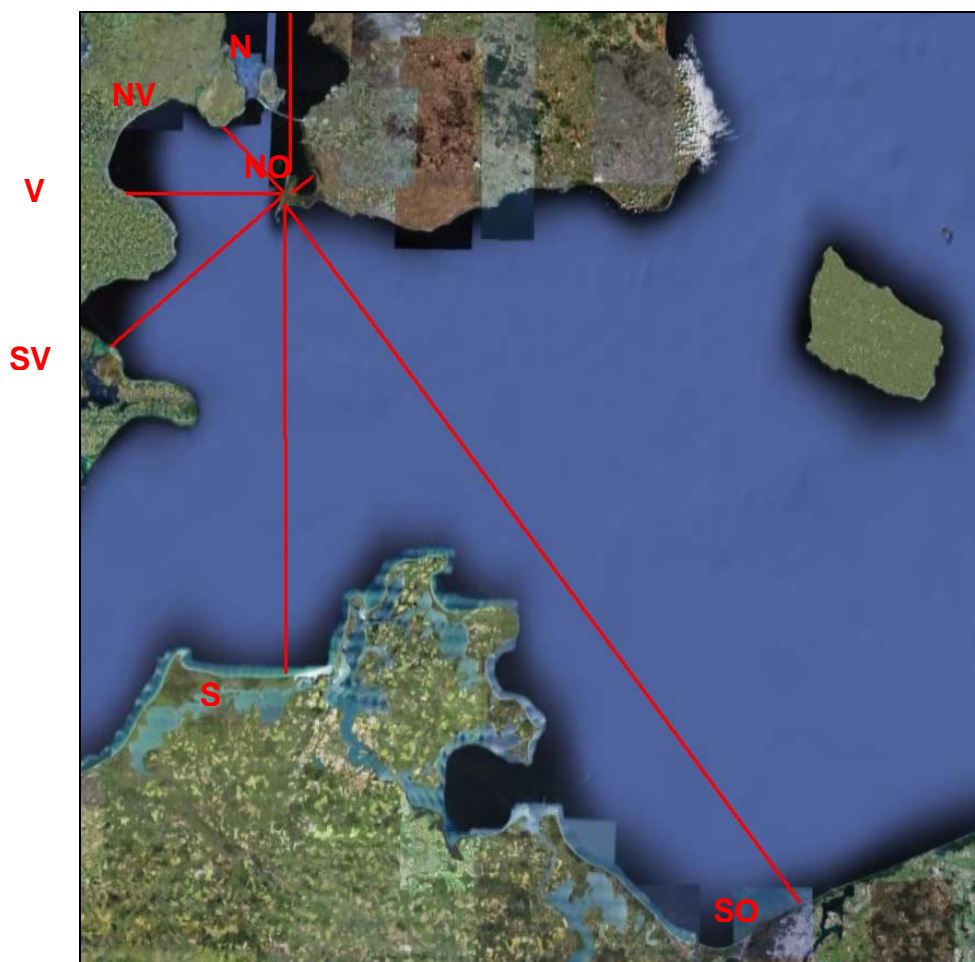


Figur 2.1 Olika högvattennivåer vid Falsterbokanalen baserade på nuvarande statistiska återkomsttider.

2.2 VÅGOR

Vågor kan bildas på olika sätt. Vind, jordbävningar, solens och månens dragningskraft samt svall från fartyg ger upphov till vågor. Vid kuststräckorna längs Falsterbonäset samt invid Höllviken och Kämpingebukten är det framförallt vindgenererade vågor som är intressanta. De vindgenererade vågornas höjd och längd bestäms här främst av följande faktorer; vindstyrka, hur länge det blåser, vattendjup och stryklängd. Med stryklängd menas den sträcka öppet vatten över vilken vinden kan påverka vattenytan. Ju längre stryklängd desto högre vågor kan bildas. I **Fel! Hittar inte referenskälla.2** visas stryklängder för vågor, som kan nå de aktuella kuststräckorna och i **Fel! Hittar inte referenskälla.2** redovisas stryklängderna inom de olika områdena för respektive väderstreck.

Vid Falsterbonäset uppträder de mest extrema högvattensituationerna vanligtvis i samband med nordostliga vindar, som föregås av vindar från väst till nord-nordväst. Höga vågor uppträder nästan uteslutande från väst till sydost. Således är det mindre sannolikt att extrema högvattensituationer och höga vågor förekommer samtidigt. (Blomgren, 1999).



Figur 2.2 Stryklängder för vågor som kan nå Falsterbohalvön.

Tabell 2.2 Stryklängder vid Falsterbonäset och Höllviken/Kämpinge för respektive vädersträck.

Stryklängd [km]	N	NO	SO	S	SV	V	NV
Falsterbonäset	40	5	200	130	35	30	20
Kämpingebukten			195	105	55		
Höllviken							25

Vågbildningen beror till stor del på lokala förhållanden och stora skillnader föreligger såväl mellan olika delar av Falsterbonäsets kustlinje som mellan Kämpingebukten och Höllviken. Bland annat styr batymetri (bottentopografin), kuststräckans geografiska läge

(vilken vindriktning kusten är exponerad för) samt stryklängden (längs vilken sträcka vågorna kan bildas och utvecklas) hur höga vågorna vid kusten blir.

Kämpingebukten är mer utsatt för stora vågor än Höllviken. Det beror på att stryklängderna för möjliga vågor är längre i Kämpingebukten än vad de är i Höllviken. Dessutom är vattendjupen större i Kämpingebukten än vad de är i Höllviken. De djupare bottenförhållandena gör att större vågor kommer längre in i bukten innan de bryter.

En modellering av vågförhållanden utanför den västra kusten och den södra kusten av Falsterbo visar att medelvåghöjden är 0,9 m och att de 1 % största vågorna har en våghöjd av 2,1 m (Blomgren 1999). Eftersom Höllviken ligger i lä från dessa vågor har en beräkning gjorts av en förväntad våghöjd under en kraftig nordvästlig storm med medelvinden 30 m/s. Nordvästlig storm är den vindriktning som ger störst vågor i Höllviken. Beräkningarna visar att under dessa förhållanden bildas ett vågklimat med en signifikant våghöjd av 2 till 2,5 m. Dessa vågor bryter emellertid ganska långt ut från stranden i Höllviken.

När vågor färdas från djupt vatten in mot kusten förlorar de en del av sin energi på grund av att vågorna får kontakt med botten och då bromsas vågorna av friktionen. Vågorna kan även bryta om bottendjupet i förhållande till våghöjden blir för grunt. Därför blir vågorna intill de planerade skyddsvallarna inte lika höga som vågorna utanför kusten.

Dimensioneringen av det inre skyddsvallsystemet på Falsterbonäset och systemet vid Höllviken/Kämpinge är gjort för 100-årshögvattnet år 2050, vilket har nivån +2,1. Beroende på skyddsvallarnas placering kan den teoretiska våghöjden variera eftersom ju högre upp på land som skyddsvallen är placerad desto mindre våg kan teoretiskt nå vallen. Dessutom har vegetationen framför skyddsvallen betydelse för hur stora vågor som kan förväntas. I denna beräkning har man inte heller tagit hänsyn eventuella vågreducerande vegetationsförhållanden.

Våghöjdbereäkningarna för dimensioneringen av vallarna är baserade på en "worst-case" situation då våghöjden ute till havs är den högsta förväntade.

Våghöjden utgör avståndet mellan vågtoppen och vågdalens botten. Vågtoppen når därför upp till cirka halva våghöjden över lugnvattenytan. Det medför att vågorna normalt tillför en höjning av högvattnet med ungefär 0,2 till 0,5 m beroende på läge för skyddsvallen. För de framtida yttre skyddsvallarna på Falsterbonäset kan motsvarande höjd bli upp till 0,7 m.

Dessutom tillkommer effekten av våguppspolning på vallarna, som resulterar i att vågen når högre upp på vallen än vad vågen är hög. Om uppspolningen av en våg blir så hög att den går över vallen kallas det för överspolning och kan i värsta fall leda till att vallen brister. Speciellt känsliga för överspolning är de skyddsvallar som utgörs av sanddyner, då sand är känsligare för att spolas bort av vågor.

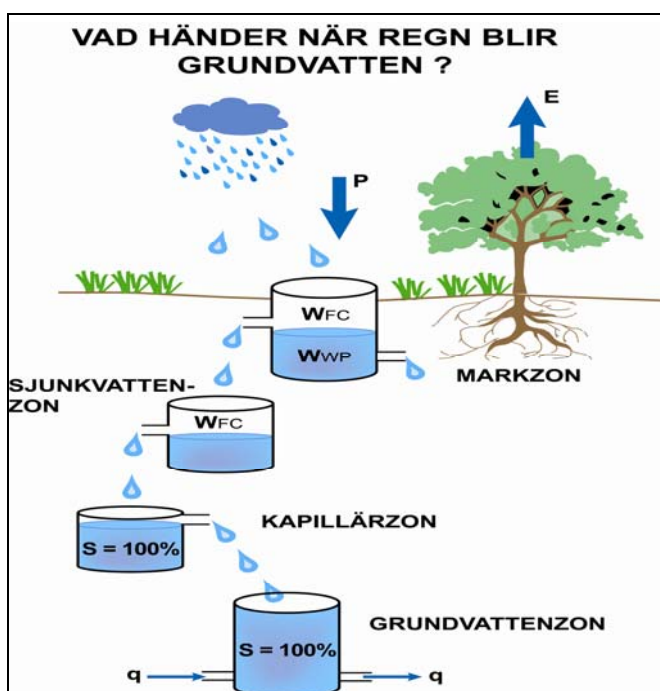
Uppspolningshöjden har beräknats med en metod, som tagits fram i Nederländerna och är den metod som numera vanligen används vid dimensionering av skyddsvallar. Metoden tar hänsyn till en rad parametrar, såsom lutning på stranden, material på skyddsvallen o.s.v. Resultaten från beräkningarna visar att uppspolningshöjden för en

skyddsvall, vars fot är belägen på nivån +1,0 m, är 2,4 m då vågor sammanfaller med 100-årshögvatten år 2050. Således behöver krönet på de mest utsatta skyddsvallarna ligga på nivån +4,5 för att inte överspolas vid ett 100-årshögvatten år 2050. Med nuvarande förhållanden blir motsvarande uppspolningsnivå +3,9 möh.

2.3 GRUNDVATTEN

2.3.1 FÖREKOMST OCH NYBILDNING

Vatten i marken, som en följd av nederbörd, förekommer i flera olika former och magasin (Figur 2.4). Grundvattenbildningen är en process där nederbörden först passerar genom de ytliga marklagren, där växternas rötter under sommarhalvåret tillgodogör sig merparten av allt tillgängligt vatten. Under perioder då växterna är inaktiva, rör sig vattnet genom marklagren nedåt mot den vattenmättade grundvattenzonen. Den omättade markvattenzonen utgör härigenom ett utjämnande fördröjningsmagasin vid hastiga tillskott av såväl nederbörd som ytvatten. Beroende på förekomsten av mindre vatten-genomsläppliga lager kan emellertid tidvis lokala vattenförande lagerenheter uppträda nära markytan. Dessa utgör då separata vattenförande enheter skilda från de normalt grundvattenförande lagren i jorden.



Figur 2.4 Principen för nybildning av grundvatten – Illustration av sambandet mellan markvattenmagasin och grundvattenmagasin

2.3.2 GRUNDVATTENFÖRANDE JORD- OCH BERGLAGER

Falsterbonäset

Grundvatten förekommer på Falsterbonäset normalt i minst två grundvattenförande enheter, dels i sanden i de ytliga jordlagren, dels i det underliggande kalkberget. Mellan dessa enheter förekommer ett förhållandevis mäktigt lager tät lermorän. Sandlagrets mäktighet anses i stora drag variera mellan ca 5 och 15 m, med lägsta mäktighet under Ljungen och ökande mäktighet längs den västra kusten (Blomgren 1999). Sanden innehåller på många ställen inlagrade skikt av organiska sediment, som ställvis kan utgöra tätande skikt i lagerföljden.

Kalkbergets överyta uppträder på Falsterbonäset på 20 – 30 meters djup under havets nuvarande medelvattennivå. Bergets överyta sluttar i sydvästlig riktning ut mot Öresund.

Grundvattenmagasinet i kalkberget utgör ett slutet system där grundvattennivån utgörs av en sluten tryckyta. Kommunikationen mellan grundvattenmagasinet i kalkberget och det grundvattenförande sandlagret sker genom ett diffust läckage av grundvatten genom det täta lagret av lermorän, som täcker kalkberget under Falsterbonäset. Läckagets riktning styrs av vilken enhet som har den högsta trycknivån vid det aktuella tillfället.

Höllviken/Kämpinge

Grundvatten förekommer i Höllvikenområdet såväl i jordlagren som i det underliggande kalkberget. Jordlagren i de västra delarna av området, väster om Stenbocks väg utgörs huvudsakligen av sand, som är avlagrad direkt ovanpå kalkberget. Sandlagrets mäktighet ökar successivt västerut mot Falsterbokanalerna, där mäktigheten uppgår till storleksordningen 15 m. Inom området närmast Stenbocks väg varierar lagermäktigheten vanligtvis inom intervallet 5-7 meter.

Öster om Stenbocks väg utgörs jordlagren huvudsakligen av lermorän med en mäktighet på ca 8 – 10 meter. Lokalt kan dock förekomma områden med avsevärt mindre jorddjup.

Inom de områden där sandlagret ligger i direkt kontakt med det underliggande berget kommer variationer i grundvattnets trycknivå i kalkberget att snabbt fortplanta sig uppåt och påverka den marknära grundvattennivån i jordlagren. Inom områden, som täcks av lermorän kommer denna att ligga som ett tätt lock ovanpå kalkberget och vanligtvis förhindra kontakten mellan de ytliga grundvattenförekomsterna och grundvattnet i det underliggande berget.

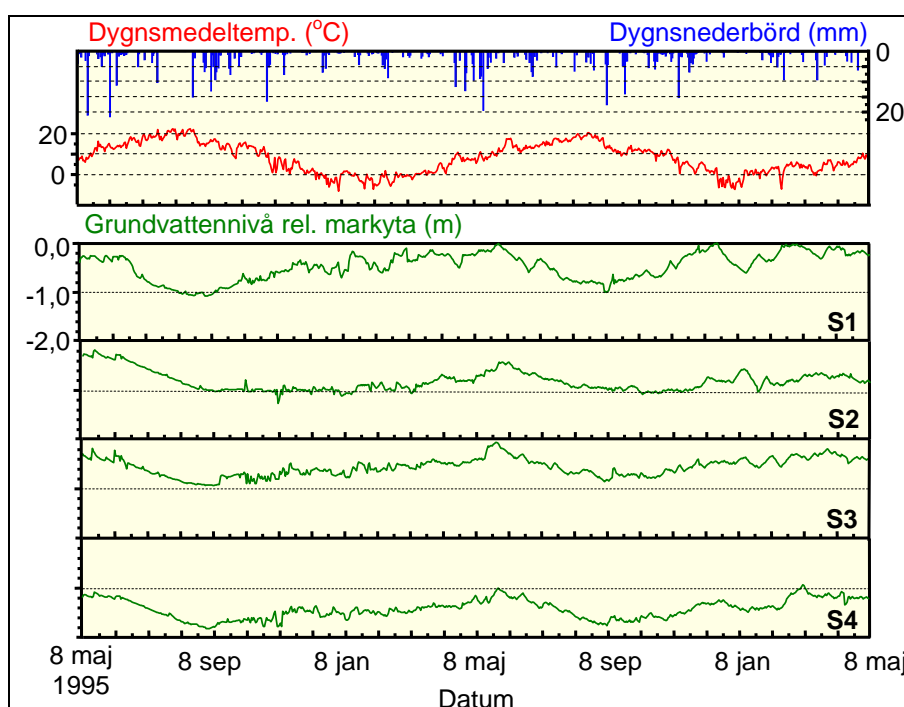
Kalkbergets överyta uppträder i centrala Höllviken på nivån +/- 0, motsvarande havets nuvarande normalvattennivå. Bergets överyta sluttar härifrån i sydvästlig riktning ut mot Öresund.

På samma sätt som på Falsterbonäset utgör grundvattenmagasinet i kalkberget ett slutet system där grundvattennivån utgörs av en sluten tryckyta. Kommunikationen mellan grundvattenmagasinet i kalkberget och det grundvattenförande sandlagret sker således även här genom ett vertikalt läckage av grundvatten..

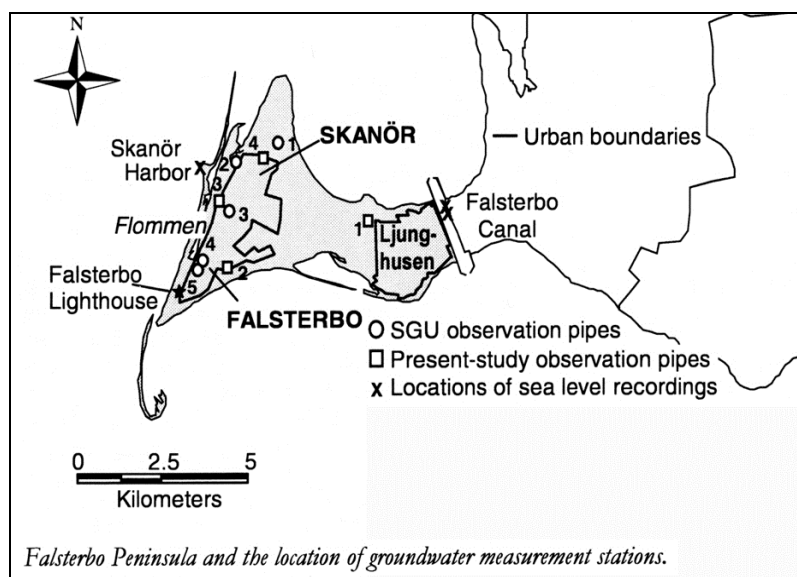
2.3.3 GRUNDVATTENNIVÅER I JORDLAGREN

2.3.3.1 *Falsterbonäset*

Mätningar av grundvattennivåer har under årens lopp utförts på olika platser i sandlagren på Falsterbonäset, (Figur 2.4). Mätresultaten visar på varierande grundvattennivåer inom intervallet 0 – 2 meter under markytan, motsvarande nivåerna +/-0 till +2 m, (Figur 2.3 Blomgren 1999). Den årstidsbundna variationen uppgår normalt till storleksordningen 1 m. De lägsta nivåerna uppträder vanligtvis under hösten medan höga nivåer uppträder under våren.



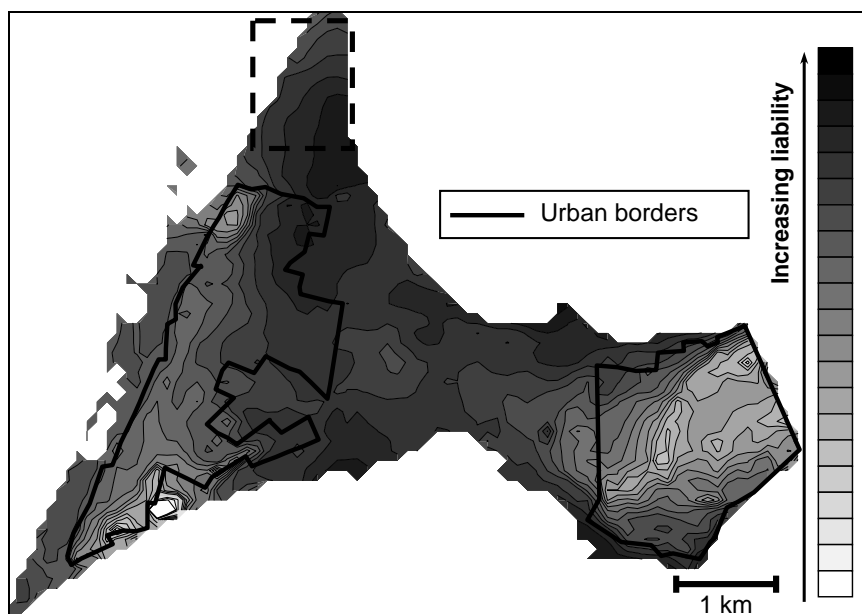
Figur 2.3 Grundvattennivåvariationer i fyra observationsrör (S1 – S4 på Falsterbonäset (1995 -1997) tillsammans med daglig nederbörd och temperatur (Blomgren 1999)



Figur 2.4 Lågen för LTH:s observationsrör (S1 – S4 på Falsterbonäset; 1995 -1997),(Blomgren 1999)

På grund av den geologiska uppbyggnaden av de ytliga jordlagren, med omväxlande mer och mindre vattengenomsläppliga skikt kan förhållandevis stora lokala variationer i grundvattnets nivåer förväntas såväl över tiden som lokalt över Falsterbonäset.

Under vissa tider av året förekommer redan idag, inom områden opåverkade av dränerande ledningsnät och/eller diken, grundvattennivåer nära markytan på delar av Falsterbohalvön. På grund av de förväntade klimatförändringarna kommer sannolikt den ytliga grundvattennivån i jordlagren inom sådana områden att stiga ytterligare, se figur 2.5

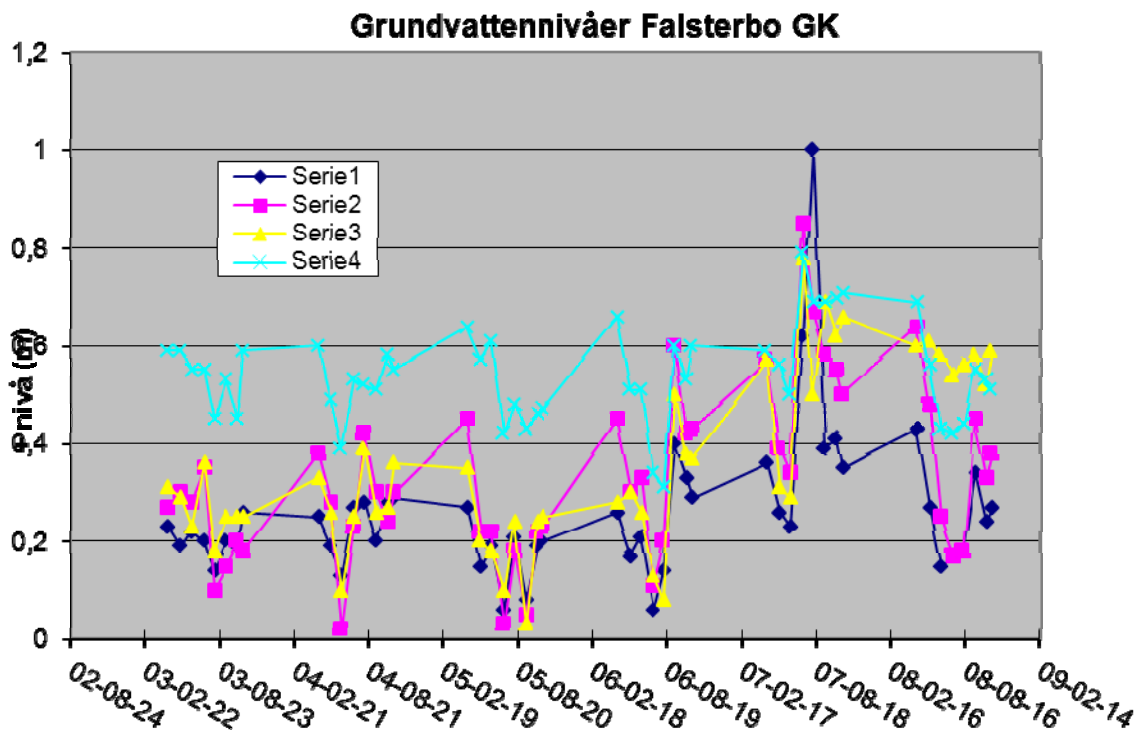


Figur 2.5 Olika områdens känslighet med hänsyn till förhöjda grundvattennivåer (Blomgren 1999)

Inom områden där någon form av dräneringssystem redan idag reglerar grundvattennivån kommer ökad nederbörd och höjda havsvattennivåer i huvudsak att medföra att behovet av vattenbortledning via dränsystemet ökar.

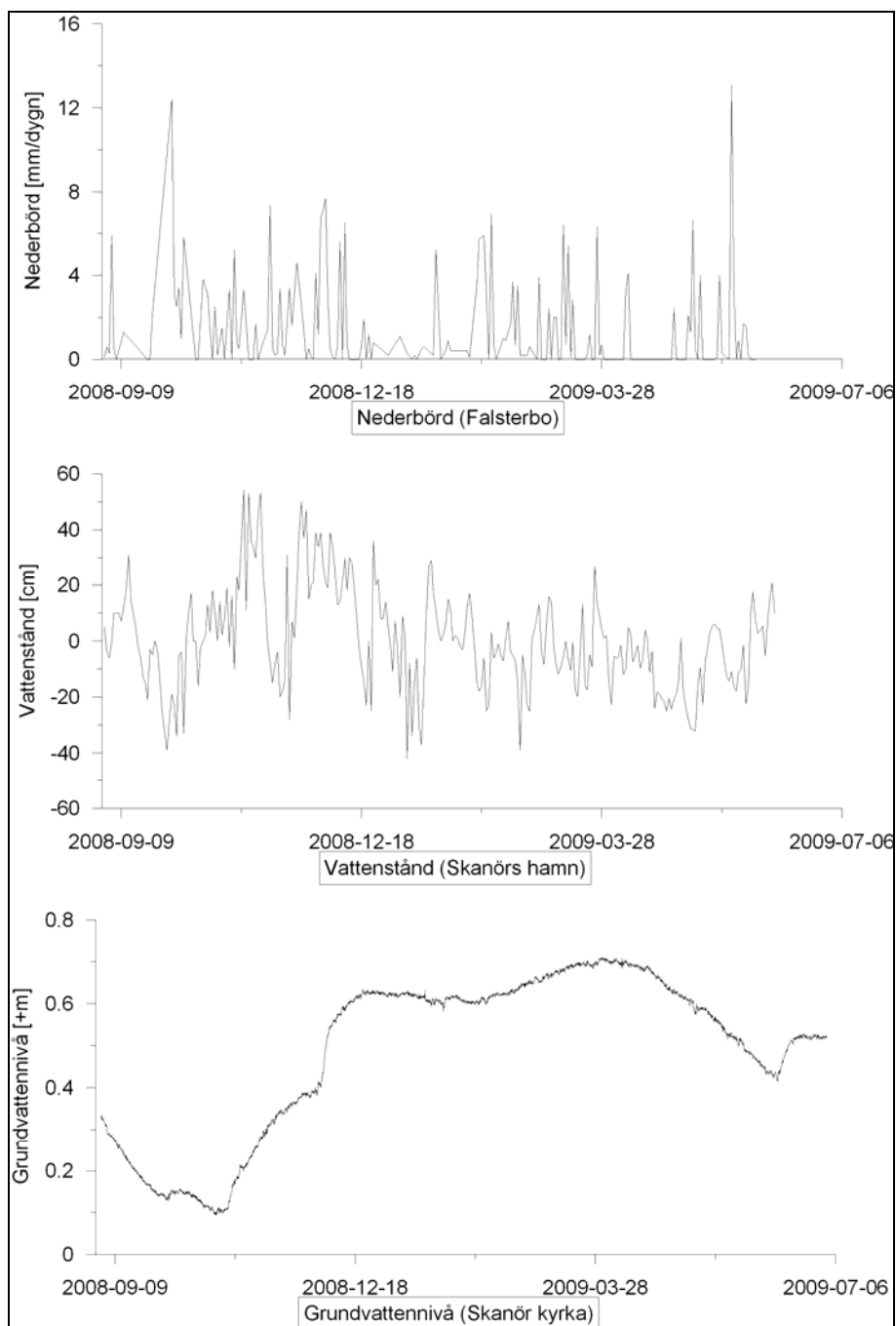
På Falsterbohalvön påverkas det ytliga grundvattnet i huvudsak av två parametrar, nederbörd och medelvattenståndet i havet. Nederbörden orsakar säsongfluktuationer av grundvattennivån, medan en höjning av medelvattenståndet i havet kommer att resultera i en långsam höjning av grundvattennivån.

Mätningar av grundvattennivåer i jordlagren vid Falsterbo golfklubb har utförts sommartid sedan år 2003, (Figur 2.6). Dessa mätningar visar att man under perioder med ingen eller begränsad grundvattenbildning har en relativt liten variation och en grundvattennivå relativt nära havets nivå. Endast under perioder med extremt hög nederbörd och grundvattenbildning (sommaren 2007) erhålls markant högre nivåer



Figur 2.6 Registrerade grundvattennivåer under sommarmånaderna under åren 2003 -2008

Sedan september 2008 har SWECO utfört automatiska mätningar av Grundvattennivån i en observationspunkt vid Skanörs kyrka. Observerade värden från denna period presenteras i Figur 2.7, där även SMHI:s observationer av vattenståndet i Skanörs hamn samt nederbördsmängden vid SMHI:s meteorologiska station i Falsterbo redovisas för samma tidsperiod. Denna tidsserie är dock för kort för att man ska kunna se någon inverkan av förändringar i medelvattenståndet.



Figur 2.7 En jämförelse med observerade grundvattennivåer, nederbörd och vattenstånd på Falsterbohalvön för en kortare tidsperiod.

Data för grundvattennivåer under ca ett års tid, finns tillgängliga från den 2 september 2008, när mätningar inleddes. Under denna tidsperiod varierar grundvattennivån mellan

ca +0,2 och +0,6 m. Mätningarna visar att grundvattennivån stiger under hösten, med mindre variationer uppåt och nedåt. I mitten av december stiger grundvattennivån kraftigt, för att därefter stabiliseras. Nederbörden under samma tidsperiod är som störst under höstmånaderna och avtar därefter i december.

Nederbörden har ingen omedelbar effekt på grundvattennivån, utan påverkan sker med en viss tidsförskjutning. Det beror på att ytliga markvattenmagasin måste fyllas på innan nederbörden resulterar i ett tillskott till grundvattenmagasinet. Troligen är den kraftiga ökningen av grundvattennivån i mitten av december en indikation på att ytliga markvattenmagasinet har uppnått sin fältkapacitet och att nederbörden börjar fylla på grundvattnet i områdets jordlager.

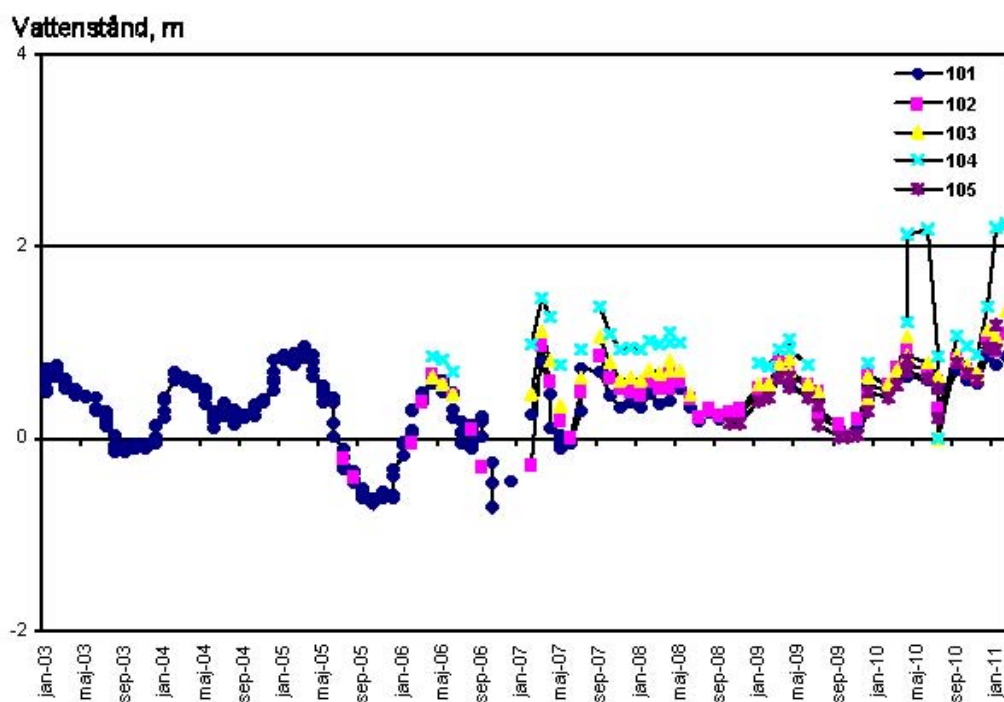
Mätningarna av grundvattennivån visar också att vattenståndet i havet inte har någon direkt inverkan på grundvattennivån sett över en kortare tid. För att utreda eventuella samband mellan grundvattennivån och havsnivån på längre sikt bör mätningarna av grundvattennivån fortsätta.

För att möjliggöra framtida analyser av grundvattennivåernas förändring rekommenderas Vellinge kommun inleda nivåmätningar i ytterligare ett antal kustnära brunnar. Mätningarna kan ske manuellt med visst tidsintervall eller automatiskt genom installation av datalogger som lagrar mätvärden. Med jämna mellanrum bör även kloridhalten kontrolleras för att övervaka eventuell saltvatteninträngning i brunnarna.

2.3.3.2 *Höllviken/Kämpinge*

I de delarna av området där moränleran är avlagrad direkt på berggrunden utgör kalkberggrunden ett slutet undre grundvattenmagasin. I jordlagren påträffas här normalt endast mindre lokala magasin av begränsad omfattning med lokalt betingade grundvattennivåer. Inom områdets västra delar, där grovsediment finns avlagrade direkt på kalkberget, kan däremot en fri grundvattenyta uppträda med en trycknivå nära den som förekommer i kalkberget.

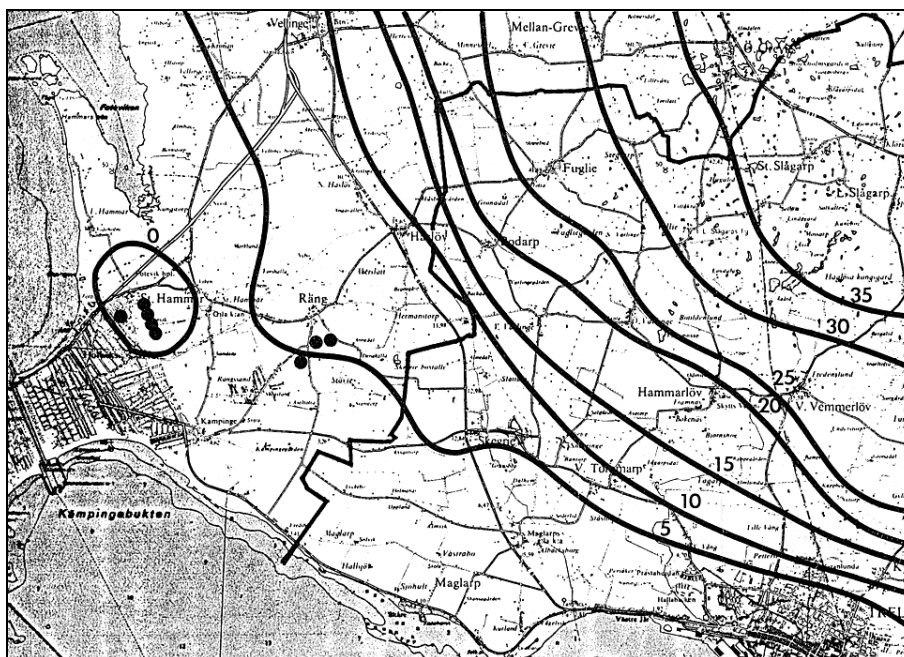
En lång serie av mätningar av grundvattennivån finns tillgängliga från en grävd brunn i den norra delen av tätorten (brunn nr1) samt sedan början av 2000-talet från ett observationsrör (101) i jordlagren vid Stenbocks väg, se figur 2.8.



Figur 2.8 Registrerade grundvattennivåer under längs Stenbocks väg under åren 2003 -2010

Mätdata sedan slutet av 1970-talet visar att grundvattennivåerna i jordlagren i den norra delen av Höllvikenområdet historiskt normalt har varierat mellan nivåerna 0 och +1 m. Variationerna i kalkberget har vanligtvis varit måttliga med maximala nivåer omkring +1,3 m i februari och lägsta naturliga nivåer omkring +/- 0 m i slutet av sommaren.

Som framgår av figur 2.8 ligger grundvattennivåerna i jordlagren i sandområdet väster om Stenbocks väg regelmässigt inom intervallet 0 – 1 m över havets nivå. De höga nivåerna uppträder under vinterhalvåret medan de lägsta vanligen uppträder under sensommar – höstperioden.



Figur 2.9 Vellinge kommun - Översiktlig grundvattennivåkarta, framtagen av SGU under slutet av 1970-talet (grundvattennivåer i m ö h - 5 m ekvidistans).

Hydrauliska modellberäkningar visar att kommunens uttag inom Granviksområdet fram till år 2007 påverkat grundvattennivåerna i kalkberget inom de nordöstra delarna av tätorten med i storleksordningen 0,5 till 1 m. Då kommunen numera avsevärt minskat sina grundvattenuttag kan en viss återhämtning av den tidigare avsänkningen förväntas. I det nu gällande tillståndet för kommunens hantering av grundvattenbortledningen från området föreskrivs dock att grundvattennivån i kommunens kontrollbrunnar vid Stenbocks väg inte får överstiga nivån + 1,5. Kommunen följer fortlöpande upp vattennivån i dessa brunnar och uppmätta nivåer redovisas på kommunens hemsida. (http://www.vellinge.se/Global/Bygga_bo_miljo/Vattenochavlopp/)

2.4 DAGVATTEN

Avledning av dagvatten på Falsterbonäset och inom de låglänta delarna av Höllviken/Kämpingeområdet sker i flertalet fall genom bortpumpning via ett antal lokala system med begränsad utbredning, se Appenix C. På grund av de låga marknivåerna är ledningarna redan idag vanligtvis belägna under grundvattennivån medan pumpstationerna på vissa ställen lär beläggas så att särskild hänsyn måste tas till det skyddet av dessa.

2.4.1 SKANÖR-FALSTERBO

För de gamla delarna av Falsterbo finns ett gammalt nät, som avbördas västerut via bevattningsdammen vid Flommens Golfklubb. Övriga områden i Falsterbo avbördas via en gemensam pumpstation vid Ljungens campingplats, österut mot Ammerrännan.

För Skanör sker den huvudsakliga bortledningen av dagvatten via pumpning till Bredeväg och vidare österut i Höllviken. Endast en litet parti, de norra delarna av Västergatan och Mellangatan, avbördas västerut via Flommens naturreservat, medan Hagaområdet avbördas via diket längs den gamla banvallen österut till Ammerrännan.

Huvuddelen av dagvattensystemen är enbart anlagda i syfte att ta om hand vatten från vägar och gatunät, varför dränering av kringliggande mark endast sker lokalt via otäta fogar i systemen. Endast i de senast bebyggda områdenas såsom Gässlingekroken, delar av Björkhagaområdet och Skanörs vångar i Skanör finns inlagda dräneringar som syftar till att hålla nere grundvattennivåerna i området.

2.4.2 LJUNGHUSEN

I Ljunghusen förekommer lokal bortledning av dagvatten från delar av vägnätet, såväl norrut till Höllviken som söderut i närheten av Ljungskogens strandbad.

2.4.3 HÖLLVIKEN/KÄMPINGE

I de centrala delarna av Höllvikens tätort förekommer endast ett dagvattensystem för bortledning av dagvatten från gatorna inom Höllvikens centrum och längs Falsterbovägen. Detta ledningssystem mynnar vid stranden av Höllviken utanför det norra hörnet av tätorten. Ett annat dagvattennät löper längs Stenbocks väg söderut ner mot Kämpinge. Detta system avvattnar huvudsakligen de västra delarna av Granviksområdet och markområdena öster om Stenbocks väg. Dagvattnet leds här norrut i en självfallsledning med förhållandevis svag lutning. Även denna ledning mynnar vid stranden av Höllviken i närheten av den tidigare nämnda.

Dagvattnet från de nordöstra delarna av Granviksområdet tillsammans med nybyggnadsområdet nordöst om den nuvarande tätbebyggelsen avbördas i nordostlig ut mot Hammarbäcken och via denna ut i Foteviken.

I söder finns slutligen ett gammalt, numera delvis kulverterat dikessystem, som avbördar dagvatten från delar av Kronodalsområdet (Vallmovägen) söderut till Kämpingebukten.

Huvuddelen av dagvattensystemen är enbart anlagda i syfte att ta om hand vatten från vägar och gatunät, varför dränering av kringliggande mark endast sker lokalt via otäta fogar i systemen.

Samtliga dagvattensystem i området är baserade på självfallsledningar, varför pumpstationer saknas.

2.5 SKYDDADE OMRÅDEN

Miljöbalkens andra avdelning, kapitel 7 och 8 hanterar särskilda områdesskydd. Miljöbalkens bestämmelser reglerar härigenom vilka åtgärder, som är tillåtna att vidta inom de skyddade områdena. Detta innebär att tillstånd till genomförande av åtgärder inom skyddade områden normalt skall inhämtas av tillsynsmyndigheten (vanligtvis länsstyrelsen)

För Falsterbonäset gäller att i stort sett hela området förutom de bebyggda delarna utgörs av naturreservat. Detta innebär att det förekommer ett förhållandevis stort antal naturskyddade områden, se nedanstående tabell

Tabell 2.4 Sammanställning över naturskyddade områden på Falsterbonäset

Naturreservat	ID-nr
Flommen	1233-P10
Skanörs Ljung	12-SKF-126
Skanör Höll	1233-P146
Ön Måkläppen	12-SKF-140
Norra Ljunghusen	1233-P147
Ljungskogens och Ljunghusens strandbad	1233-P74
Falsterbohalvöns havsområde	1233-P116

För Höllvikenområdet gäller bl.a. speciella skydd för *Natura 2000-områdena Vellinge ängar* (Naturvårdsverkets SCI Habitatdirektiv) och *Falsterbo-Foteviken* (Naturvårdsverkets SPA Fågeldirektiv).

Vidare utgörs ett 100- 200 m brett landområde i anslutning till och öster om Falsterbokanalens och strandområdet vid Kämpingebukten av naturreservatet *Kämpinge Strandbad samt östra kanalområdet (1233-P116)*.

3 FRAMTIDA FÖRHÅLLANDEN

Klimatförändringen är en av de mest komplexa frågeställningarna som mänskligheten har ställts inför och det är fortfarande efter en massiv forskningsinsats oklart om hur klimatet kommer att förändras. En stor del av osäkerheten ligger i att förutspå människans framtida utsläpp av växthusgaser. I de globala klimatmodellerna har ett antal olika scenarier för utvecklingen körts. Den globala temperaturökningen varierar i dessa scenarier mellan ca 2°C till 7°C, vilket indikerar osäkerheten i prognosen.

Orsaken till förändringarna tros vara människans utsläpp av växthusgaser, som värmer upp jorden. Halten koldioxid i atmosfären har nu passerat det som forskarna kallar för "the point of no return". Det betyder att även om människans koldioxidutsläpp skulle upphöra idag så kommer ändå klimatförändringarna pågå under flera tusen år till (NOAA, 2009).

IPCC ger med jämna mellanrum ut rapporter, som sammanställer de senaste forskningsrönen om klimatförändringarna. I IPCC:s *Fourth Assessment Report* (AR4) som utkom 2007, presenteras resultat från mätningar av den globala atmosfäriska koncentrationen av koldioxid. Resultaten visar att koldioxidhalten har ökat ifrån 280 ppm (*part per million*) under förindustriell tid till 379 ppm 2005. Det är en högre koncentration än vad som uppmätts under de senaste 650 000 åren (IPCC, 2007).

Effekterna på klimatet av den globala uppvärmningen varierar geografiskt över jorden. SMHI har gjort regionala klimatmodelleringar för hur Sveriges klimat kommer att förändras i framtiden. Enligt modellerna blir Sydsveriges klimat år 2100, jämfört med referensperioden 1961-1990 (SMHI, 2007a):

- Medeltemperaturen förväntas stiga med 5°C i södra Sverige. Temperaturökningen blir större vintertid än sommartid. Vintrarna förväntas bli 6°C varmare, medan övriga årstider får en temperaturökning med 5°C.
- I Skåne förväntas nederbörden att öka med 15 % till år 2100. Sommarnederbörden förväntas minska med 50 %, medan vinternederbörden öka med 70 %. De övriga årstiderna får en ökning med 10-20%. Även nederbördsintensiteten förväntas öka.
- Havsmedelnivån stiger och extrema högvatten blir vanligare.
- Hur vind- och stormförhållanden påverkas är oklart. Olika modeller ger olika resultat, men det finns indikationer på att vindmedelhastigheten ökar något.

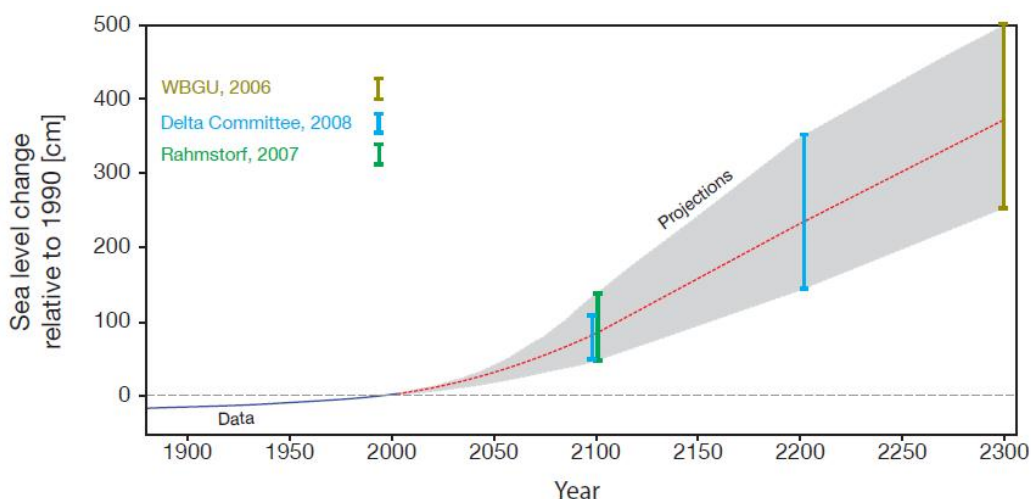
3.1 HAVETS MEDELVATTENNIVÅ

En av konsekvenserna av den globala temperaturökningen är att havsnivån höjs beroende på att vatten expanderar då det värms upp och för att avsmältningen av de stora polarisarna (framförallt Antarktis och Grönland) förväntas öka.

Osäkerheten i prognosen för den framtida havsnivån är emellertid större än i prognosen för den globala temperaturökningen eftersom det dels ligger en osäkerhet i hur stor temperaturökningen blir, dels för att förståelsen för hur polarisarna reagerar på en ökad temperatur inte är tillräcklig.

I den fjärde rapporten från IPCC om framtidens klimat förutspåddes att den globala havsnivåhöjningen förväntas bli mellan 18 och 59 cm. För Nordsjön och Östersjön ska 20 cm adderas till denna prognos på grund av ökade västliga vindar. Denna prognos baseras på kunskapsläget fram till 2006 och sedan dess har forskningen inom detta område förbättrats. Idag vet man mer om polarisarna än vad som var känt 2006. Man talar nu om att havsnivåhöjningen snarare blir den dubbla jämfört med vad som förutsågs i den fjärde och senaste rapporten från IPCC (The Copenhagen Diagnosis, 2009).

I Figur 3.1 visas en sammanställning av prognoserna för havsnivåhöjningen de närmaste 300 åren. Uppenbart är att havsnivåhöjningen inte upphör efter år 2100, utan snarare ökar takten. Det grå området i figuren visar på osäkerheten i prognoserna (The Copenhagen Diagnosis, 2009). Höjningen av havsnivån år 2100 förväntas bli någonstans mellan 0,5-1,4 m i förhållande till medelvattenytan 1990 enligt Rahmstorf (2007) och 0,55-1,2 m enligt Delta Committee (2008).



Figur 3.1 Prognoser för havets medelvattenyta de kommande 300 åren (The Copenhagen Diagnosis, 2009).

Under 2009 publicerade kommissionen för hållbar utveckling en rapport, som sammanställde det nuvarande kunskapsläget om klimatförändringarna med fokus på Sverige. I denna rapport anges att en höjning av medelvattenytan med upp till 1 m är att

förvänta vid seklets slut men att det inte är sannolikt att havsnivåhöjningen blir så mycket som 2 m över dagens nivå (Rummukainen & Källén, 2009).

Baserat på Rummukainen och Källén (2009) samt The Copenhagen Diagnosis (2009) förväntas havsnivåhöjningen fram till år 2100 bli i storleksordningen 0,5-1,4 m, med en höjning av 1 m som det mest sannolika scenariot i dagsläget.

3.2 HÖGVATTENFÖRHÅLLANDEN

Det främsta hotet från havet under överskådlig tid, är inte medelvattennivåhöjningen, som sker långsamt under en längre tidsperiod, utan tillfällena då havets nivå är betydligt högre än normalt. Högvattensituationer försiggår oftast under en kortare tidsperiod (timmar eller dygn) och kan därför överrumpla kustinvånare.

Översvämningsoraker av extrema högvattensituationer orsakar ofta stora skador på kustnära fastigheter och infrastruktur. Dessutom saknas ofta beredskap inför sådana situationer.

Mätningarna i Skanörs hamn startade 1992 och ingår i SMHI:s observationer av vattenstånd längs med Sveriges kust. I rapporten *"Framtida medel- och högvattenstånd i Skåne och Blekinge"* har SMHI beräknat framtidens högvattenstånd vid ett *worst-case* scenario för bland annat Skanörs hamn (Tabell 3.1). En kompletterande utredning gjordes även av SMHI där en analys av framtida återkomstnivåer gjordes för Falsterbokanalen. SMHI har i sin analys antagit att medelvattenytan stiger med 68 cm fram till år 2100.

Framtidens förändrade klimat förväntas inte ändra på de fysikaliska processer som idag orsakar högvatten vid Höllviken och Falsterbonäset. Därför är det möjligt att använda observerade data för att beräkna framtida högvatten i Höllviken.

I tre studier har högvattenstånden och dess återkomsttid beräknats. Två av studierna har analyserat observationer från Falsterbokanalen mellan 1942-1998 (Blomgren, 1999 och SMHI, 2008) och den tredje studien har analyserat observationer från Skanörs hamn under perioden 1992-2006 (SMHI, 2007b). Samtliga tre studier är baserade på gamla prognoser för den framtida medelvattenytan och kan således vara något underdimensionerade. SMHI:s prognos är dessutom i underkant i förhållande till Blomgrens då SMHI:s analys inte hänsyn till att trenden för högvatten ökar mer än trenden för medelvattenytan. Blomgrens analys av mätserien visar nämligen att trenden för högvatten är ca 0,45 cm/år medan medelvattennivån bara ökar med 0,07 cm/år, vilket de har tagit hänsyn till i sin analys.

Tabell 3.1 Prognostiserade återkomstnivåer för Skanörs hamn (SMHI, 2007b) och Falsterbokanalen (2070-2100) (SMHI, 2008) samt för Falsterbokanalen (2050) (Blomgren, 1999). Medelvattennivåhöjningen är inkluderad i de prognostiserade vattennivåerna, 68 cm för SMHI:s prognostiserade nivåer och för Blomgren nivåer år 2050 har den nuvarande trenden för högvatten (0,45 cm/år) samt 15 cm inkluderats i beräkningarna (totalt ca 40 cm) .

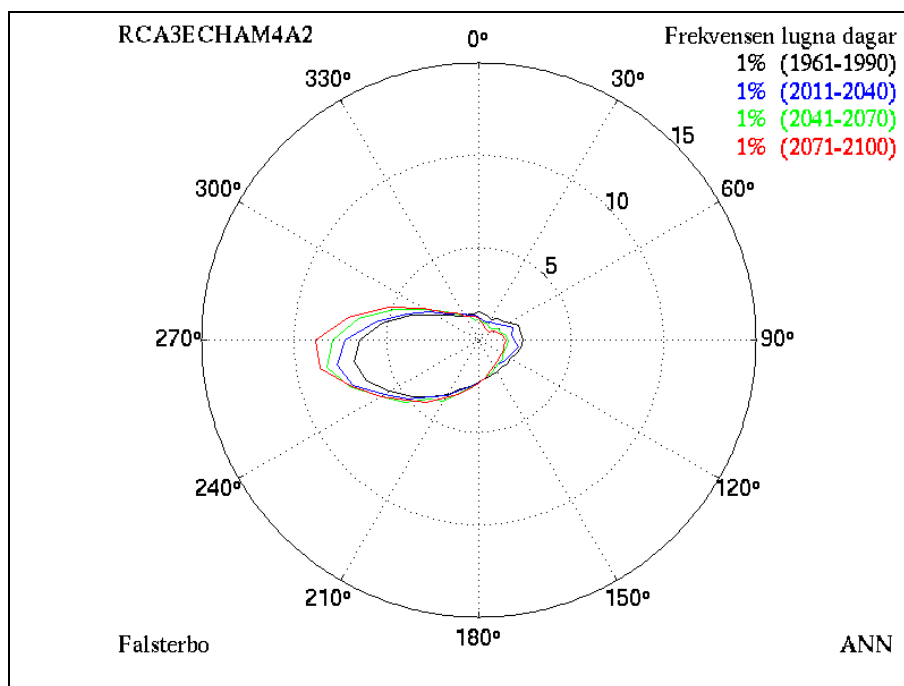
Återkomsttid	2 år	10 år	50 år	100 år
Skanör (2070-2100)				
Vattennivå [cm relativt RH70]	180	203	209	-
95 % konfidensintervall	163-180	193-214	204-220	-
Falsterbokanalen (2070-2100)				
Vattennivå [cm relativt RH70]	167	198	222	233
95 % konfidensintervall	162-174	190-213	208-257	214-279
Falsterbokanalen (2050)				
Vattennivå [cm relativt RH70]	160	190	200	210

3.3 VIND

Den regionala klimatmodelleringen av Sverige indikerar ingen signifikant förändring av vindförhållanden vid seklets slut eller att den dominerande vindriktningen skulle förändras (SMHI, 2007a). SMHI:s klimatscenarier anger ingen tydlig förändring vad gäller framtidens vindförhållanden, men det finns en antydning i klimatmodelleringarna till att medelvindhastigheten blir något högre. SMHI anger att den maximala byvinden beräknas öka med drygt 1 m/s.

Det finns inte heller några indikationer på att den dominerande vindriktningen ändras med klimatförändringarna (Figur 3.2) (SMHI, 2007a).

SMHI:s prognos över den framtida vindsituationen redovisas i Figur 3.2 som en så kallad vindros. Vindrosen visar frekvensen av vindar från ett visst väderstreck. Vindar från väster är de förhärskande vindarna vid Falsterbo både idag och i framtiden.



Figur 3.2 En vindros över Falsterbo sett över hela året, en jämförelse mellan idag och i framtiden. Enligt beräkningarna blir den dominerande vindriktningen i framtiden densamma. Den svarta linjen visar dagens förhållande, blå linje visar perioden 2011-2040, grön 2041-2070 samt röd 2071-2100

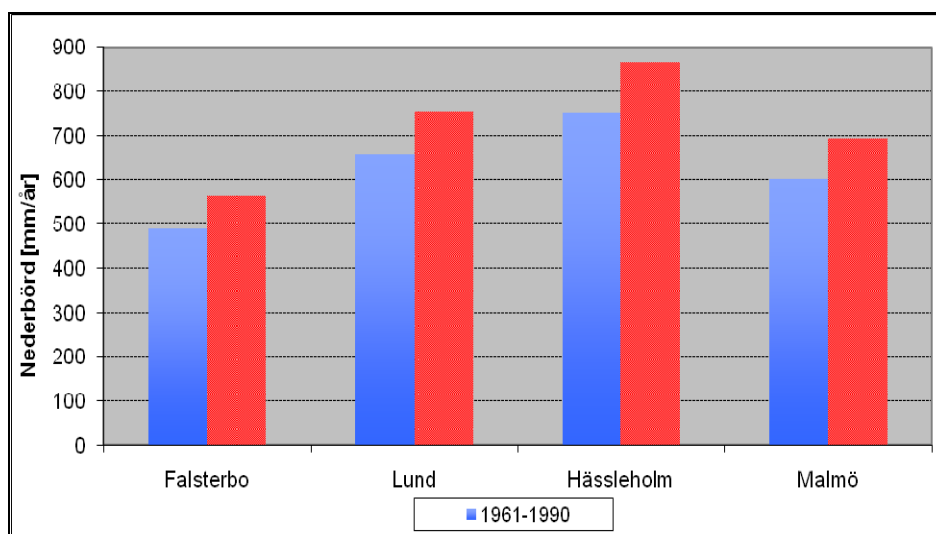
Kraftiga stormar och oväder har alltid förekommit och det är osäkert hur frekvensen av dessa kommer att förändras i och med den tilltagande växthuseffekten. Mätdata för vindar och kraftiga stormar tyder inte på en förändring av frekvensen. Det finns inte heller några entydiga resultat från klimatmodellerna, som skulle visa på att vindar eller stormar skulle öka i framtiden.

3.4 VÅGOR

Framtidens vågklimat såväl utanför Falsterbonäset som i Höllviken och Kämpingebukten är kopplat till hur vind och stormar påverkas av klimatförändringarna. Det är därför än så länge osäkert hur vågklimatet förväntas bli i framtiden, på grund av de stora osäkerheterna med att prognostisera framtidens vindförhållanden. Det finns emellertid inget som indikerar att den dominerande vågriktningen eller att korrelationen mellan våghöjder och högvattenstånd förändras jämfört med dagens situation.

3.5 NEDERBÖRD

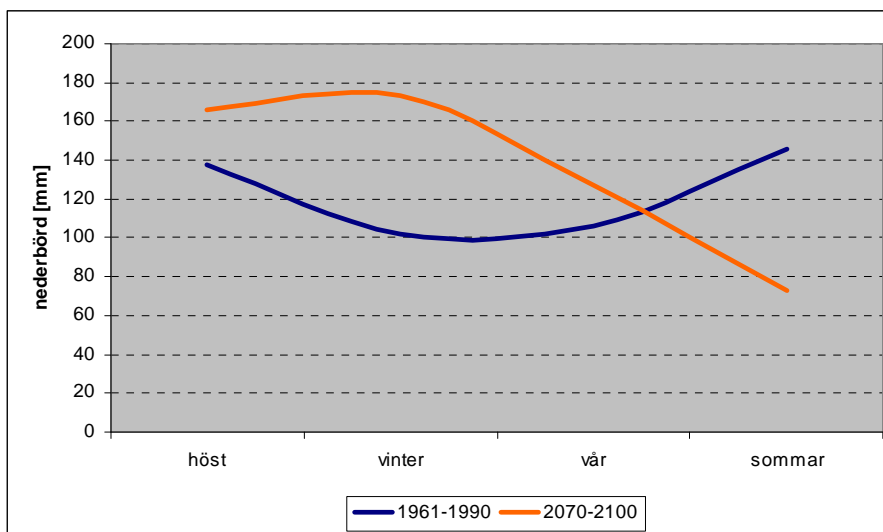
Jämfört med andra platser i Skåne och Sverige får området vid Falsterbonäset och Höllviken/Kämpinge en relativt liten nederbörd (Figur 3.3). Relativt övriga Skåne kommer detta förhållande sannolikt att bestå även i framtiden.



Figur 3.3 Årsnederbörden för Malmö, Lund, Sturup och Falsterbo . Den blå stapeln visar årsnederbörden de senaste 30 åren medan den röda stapeln visar prognosen för årsnederbörden år 2100 (SMHI, 1991 & SMHI, 2007a).

Nederbördsförhållandena kommer dock att förändras med de förväntade klimatförändringarna. Vissa delar av världen får det torrare, medan andra får det blötare. Skåne förväntas få en ökad nederbörd vid detta seklets slut. SMHI anger att nederbörden sett över året kommer att öka med 15 %, men att nederbördsförändringen varierar över årstiderna. Somrarna beräknas få en 50 % minskning av nederbördsmängden jämfört med idag och vintrarna förväntas få 70 % mer nederbörd, medan vår och höst får en ökning på mellan 10-20 % (SMHI, 2007a).

Hur nederbörden i Falsterbo varierar över året jämfört med en beräknad framtida fördelning framgår av Figur 3.4. Av figuren framgår tydligt att nederbörden under sommarmånaderna kan förväntas minska avsevärt, medan en motsvarande ökning kommer att erhållas under vinterhalvåret.



Figur 3.4 Den totala nederbörden under höst, vinter, vår och sommar för referensperioden 1961-1990 (SMHI, 1991) och för prognostiserade perioden 2070-2100 (SMHI, 2007a).

Den nederbörd som förväntas falla under vintern på Falsterbonäset under perioden 2070-2100 motsvaras dock i storleksordning av vad man redan idag får under vinterhalvåret i Halmstad. Den framtida årsnederbörden motsvaras av vad Helsingborg får i nederbörd idag, vilket innebär att man sannolikt inte kommer att uppleva någon dramatisk förändring av nederbördsmängden.

3.6 GRUNDVATTEN

3.6.1 FALSTERBONÄSET

I kustnära områden bestående av sand står grundvattnet i direkt kontakt med havsnivån. Det medför att grundvattennivån inom odränerade områden stiger med havets medelvattennivå. SWECOs grundvattenmätningar, som startade hösten 2008, indikerar att dagens grundvattennivå i jordlagren vid Skanörs kyrka varierar inom intervallet ca +0,2 till +0,7 m.

Om medelvattenytan som planeringsförutsättning antas stiga med i storleksordningen en meter, kan motsvarande grundvattennivåer i framtiden förväntas ligga inom intervallet ca +1,2 till +1,7 m. Detta kommer att medföra att grundvattennivån ställvis återfinns i anslutning till markytan, med åtföljande problem för lågt belägen bebyggelse och ett ökat behov av dränering.

En ytterligare konsekvens av denna höjning är att markvattenmagasinet minskas i motsvarande grad som grundvattennivån höjs. Då markvattenmagasinet utgör en utjämnande och dämpande faktor på grundvattennivåvariationerna i samband med

nederbördstillfällena, kan man förvänta att effekterna av större nederbördsmängder i form av ökade dagvattenmängder kommer att bli mer påtagliga.

Utöver effekten av den framtida höjningen av havsnivån kommer effekten av att vinternederbörden förväntas öka med 70 %. Detta medför att det ytliga grundvattnet stiger ytterligare samtidigt som den minskade utjämningseffekten leder till mera uttalade Extremsituationer med hänsyn till dräneringar och dagvattenhantering.

3.6.2 HÖLLVIKEN/KÄMPINGE

I de kustnära områden där jordlagren bestående av sand står vanligtvis det ytliga grundvattnet i direkt kontakt med havsnivån. I Höllvikenområdet är det främst Kronodalsområdet och övriga områden med sanddominerade jordlager, väster om Stenbocks väg som kan förväntas bli direkt påverkade av en havsnivårelaterad höjning av grundvattennivån.

Inom de områden där berget täcks av ett relativt tätt täcke av lermorän kommer grundvattnets trycknivå under lermoränen att höjas. Detta kommer på sikt att leda till försämrade dräneringsmöjligheter i jordlagren och tidvis högre markvattenhalt. Grundvattennivån i de ytliga jordlagren inom dessa områden kommer däremot sannolikt inte att påverkas i någon högre grad.

Om havets medelvattennivå stiger med 0,7 m (enligt SMHI) kan den motsvarande kustnära grundvattennivån i framtiden förväntas ligga inom intervallet ca +0,9 till +1,9 m. Jämfört med dagens nivåer kan detta förväntas leda till en dämning av grundvattennivåerna längre inåt land, vilket i sin tur kan medföra att grundvattennivån ställvis kan uppträda i anslutning till markytan, med åtföljande problem för lågt belägen bebyggelse och ett ökat behov av dränering.

En ytterligare konsekvens av denna höjning är att markvattenmagasinet inom odränerade områden minskas i motsvarande grad som grundvattennivån höjs. Då markvattenmagasinet utgör en utjämnande och dämpande faktor på grundvattennivåvariationerna i samband med nederbördstillfällena, kan man förvänta att effekterna av större nederbördsmängder i form av ökade dagvattenmängder kommer att bli mer påtagliga.

Utöver effekten av den framtida höjningen av havsnivån kommer effekten av att vinternederbörden förväntas öka med 70 %. Detta medför att det ytliga grundvattnet lokalt kan stiga ytterligare samtidigt som den minskade utjämningseffekten leder till mera uttalade Extremsituationer med hänsyn till dräneringar och dagvattenhantering.

3.7 DAGVATTEN

De aktuella dagvattensystemen beskrivs mera detaljerat under avsnitt 2.4 samt i Appendix C. Kortfattat kan dock noteras följande:

Dagvattensystemen i Skanör-Falsterbo, Ljunghusen och Höllvikenområdet är alla baserade på självfallsledning, många med relativt svag lutning. En måttlig höjning av havsnivån kan därför förväntas medföra besvärande dämningseffekter i de befintliga

näten samt i vissa situationer en baklänges inströmning av havsvatten via ledningar och dikessystem. Förhållandena kan leda fram till ökad risk för översvämning vid tillfällena med stora nederbördsmängder i kombination med höga havsvattennivåer.

I Skanör – Falsterbo avbördas redan idag huvuddelen av dagvattnet via pumpstationer ut i recipienten. En översyn och ombyggnad av dessa kan på sikt bli nödvändig i syfte att anpassa pumpningen till den förhöjda havsnivån.

I Ljunghusenområdet avleds huvuddelen av områdets dagvatten via två självfallsledningar utan pumpning. Dessa ledningar kan förväntas medföra problem vid förhöjda havsnivåer genom såväl dämningseffekter som risk för inträngande havsvatten.

För Höllviken Kämpinge gäller att förhållandena speciellt kan bli besvärliga i de låglänta delarna av Kronodalsområdet, men även höga nivåer i Foteviken/Hammarbäcken kan förväntas medföra risk för oönskade dämningseffekter.

Ovanstående förhållanden kommer på sikt att leda till att flera pumpstationer måste anläggas i dagvattensystemen i syfte att förhindra bakvattenflöden och möjliggöra en utpumpning av dagvatten i havet under perioder med höga havsvattennivåer

4 KONSEKVENSER AV HAVSNIVÅHÖJNINGEN

4.1 ÖVERSVÄMNINGAR

4.1.1 ALLMÄNT

För Falsterbonäset och Höllvikenområdet finns en vattenståndsserie i Falsterbokanalen (1948-1998), som numera ersatts av mätningar i Skanörs hamn (1992 och framåt). Det högsta vattenståndet som är uppmätt i Falsterbokanalen observerades 1992 och var 156 cm över normalvattenståndet. I Skanörs hamns relativa korta serie noterades det högsta vattenståndet 1997 med 137 cm över normalvattenståndet eller 141 cm relativt RH70.

Vattennivån under dessa två högvattensituationer var betydligt lägre än vad de prognostiserade framtida nivåerna förväntas bli och lägre än vad 100-års högvattennivå är idag. De statistiska beräkningar som nu föreligger visar att man idag kan förvänta sig vattenstånd upp till 160 cm relativt RH70 i genomsnitt en gång på hundra år.

4.1.2 FALSTERBONÄSET

Om inga åtgärder vidtas är det sannolikt att Falsterbohalvön i framtiden kan komma att drabbas av omfattande översvämningar på grund av att marknivåer under +1,60 är relativt frekvent förekommande. Framförallt kan stora områden vid komma att påverkas vid extrema högvattensituationer. Redan idag innebär dock maximala högvattenstånd problem för Falsterbonäset.

4.1.3 HÖLLVIKEN/KÄMPINGE

I Höllvikenområdet förekommer markområden med låga marknivåer dels utmed den nordvästra kuststräckan längs väg 100, dels längs kuststräckan utmed Kämpingebukten. Inom båda dessa områden förekommer lokalt markpartier på nivåer lägre än +1,6. Vägbanan längs väg 100 ligger dock på nivån ca +2,0 längs denna sträcka vilket tills vidare ger ett skydd för bebyggelsen öster om vägen.

Hamnplanen vid Falsterbokanalerna är ställvis belägen på en nivå under ca +1,3 medan krönet på parapeterna utmed pirarmarna ligger på nivån ca +1,9.

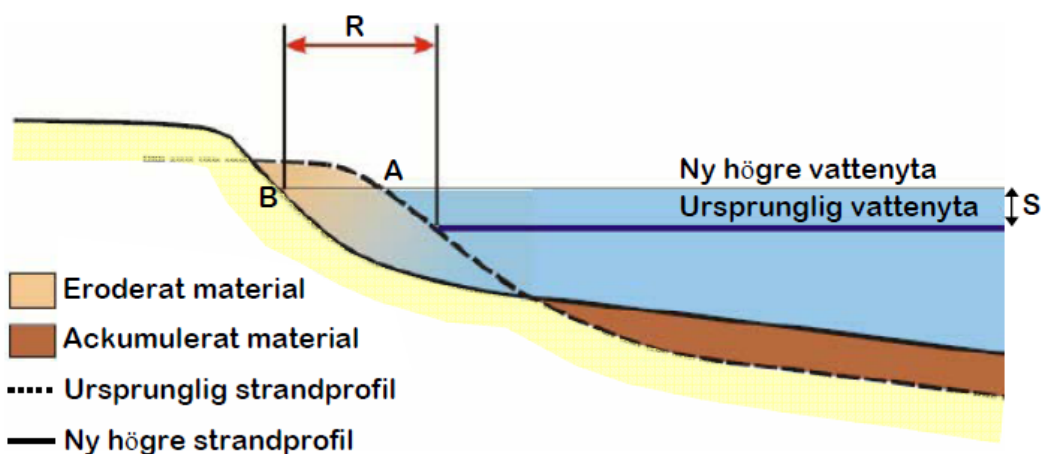
Sammantaget kan noteras att översvämningens risk på kort sikt föreligger framför allt i de kustnära områdena medan markytan längre in mot de centrala delarna av området relativt snart stiger upp mot nivån +3,0.

Inflöde av vatten och dämning i naturliga vattendrag kommer sannolikt endast att uppträda i Hammarbäcken, där nivåer lägre än +1,6 förekommer hela vägen söderut från Foteviken ner mot Stora Hammars gamla kyrka.

4.2 KUSTEROSION

Höllviken och Kämpingebuktens strandlinje består till största del av sandstränder. Sandstränder är speciellt känsliga för klimatförändringar eftersom de är mer erosionsbenägna än andra strandtyper. Det förändrade klimatet kan leda till en påskyndad erosion genom att vågklimatet blir aggressivare (till exempel för att stormar blir vanligare), men även själva medelvattennivåhöjningen påskyndar erosionen av sandstränder. Det beror på att sandstranden måste kompensera för den förhöjda havsnivån för att komma i jämvikt. Denna process har beskrivits av Bruun (1962) och förklaras nedan.

Bruuns lag anger översiktligt vilken erosion som drabbar en typisk sandstrand vid en ökning av medelvattennivån. Bruuns lag har tillämpats på en typisk strandprofil uppmätt i närheten av Falsterbo. Denna analys visar att det sker en recession av strandlinjen med ca 80 m per meter höjning av medelvattennivån. Som nämnts ovan beräknar SMHI att medelvattennivån kommer att öka med upp till cirka 1 m om hundra år. Det medför att man kan räkna med recession av kommunens oskyddade strandlinjer med upp till 80 m om inga åtgärder tas för att förhindra erosionen. En tillbakadragning av strandlinjen med ca 80 m innebär att de sanddyner som idag skyddar den bakomliggande kusten kan komma att försvinna.



Figur 4.1 Schematisk illustration av inverkan av en höjning av medelvattenytan enligt Bruuns lag (Modifierad efter Blomgren 1999).

Bruuns lag avser endast erosion orsakad av medelvattennivåhöjningen. Den tar dock inte hänsyn till den ökade erosionen till följd av frekventare och intensivare stormar och högvatten, då erosionen är som kraftigast. Därför blir erosionen sannolikt större än de 80 m som Bruuns lag anger.

Kusterosion hotar emellertid inte bara anläggningar längs med kusten utan på Falsterbonäset även natur- och rekreationsområden. Problemen förstärks av fenomenet *coastal squeeze*, som drabbar många eroderande kuster runtom i världen. Fenomenet påverkar särskilt naturområden som är inklämda (eng. *squeezed*) mellan hav och bebyggelse (eller andra begränsande naturtyper). Under normala omständigheter hade sådana områden anpassat sig till erosionen genom att förflytta sig bakåt, men på ställen där det finns bakomliggande bebyggelse blir resultatet att naturområdet försvinner på bekostnad av havet. På Falsterbohalvön är många av de intressanta naturområdena redan idag inklämda mellan bebyggelse och hav. Om inte åtgärder vidtas mot erosionen riskerar dessa naturområden att försvinna på sikt. Å andra sidan utökas delar av dessa naturområden för närvarande ständigt genom en pågående naturlig sanddeposition, vilket lokalt kan kompensera den förväntade framtida erosionen.

4.3 SANDDEPOSITION

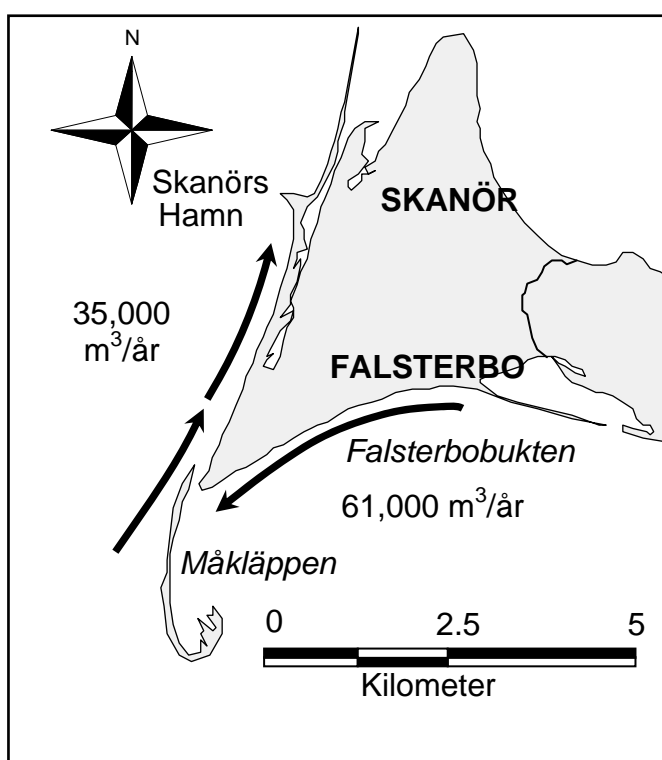
4.3.1 GENERELLT

Förändrade havsnivåer och erosionsförhållanden kan även förväntas medföra förändrade förhållanden vad gäller depositionen av sand längs Falsterbonäset och kustavsnitten vid Höllviken/Kämpinge. De aktuella transportmönstren lär dock troligen inte förändras i och med klimatförändringen. Däremot kommer en del av den sand, som idag är tillgänglig för vågor att transportera in till stranden, att försvinna när havsnivån stiger. Detta beror på att

vågor endast kan förflytta sand som ligger inom ett visst djup. Sand som ligger på större djup kan inte påverkas av vågorna och när havsnivån höjs förflyttas gränsen för var vågorna kan påverka sanden inåt mot land.

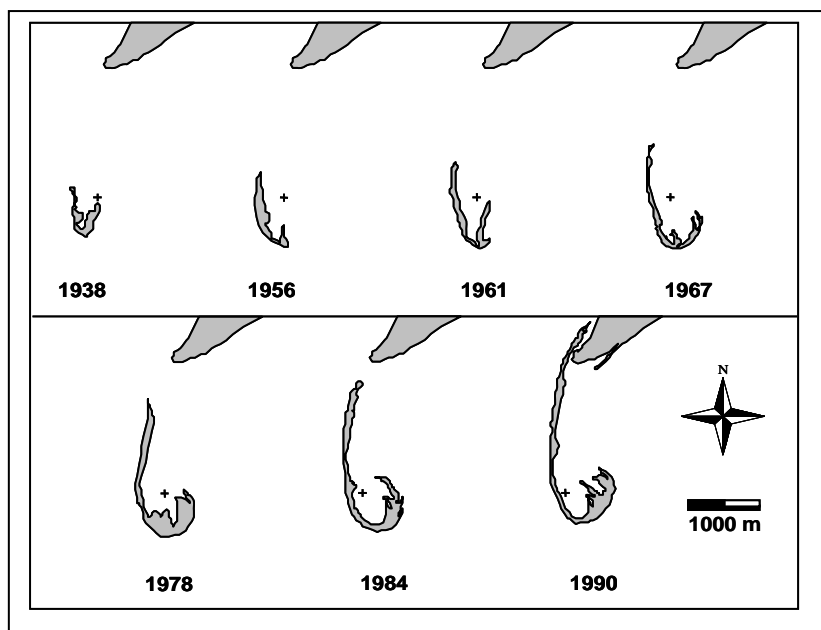
4.3.2 FALSTERBONÅSET

De nuvarande längs Falsterbonäset förhållandena är relativt väl kända genom bl.a. forskningsinsatser vid Lunds tekniska högskola (Blomgren 1999). Rent principiellt sker sandtransport och deposition längs de södra och västra delarna av näset, se figur 4.2. Norr om hamnen har dock depositionen minskat efter utbyggnaden av vågbrytare och pirarmar.



Figur 4.2 Beräknad nettotransport runt Falsterbonäset enligt Hanson och Larson (1993). (Modifierad från Blomgren 1999)

Effekten av den naturliga sanddepositionen har under de senaste decennierna varit påtaglig såväl vid Måkläppen som söder om Skanörs hamn, figur 4.3.



Figur 4.3. Form och utveckling av Måkläppen sedan 1938. (Blomgren 1999)

Den samlade effekten av ökad medelvattennivå, högvattensituationer samt eventuella strandförskjutningar är inte utredd. I syfte att följa upp denna process och successivt klargöra behov och förekomst av naturligt skydd i form av sanddyner, rekommenderas att mätningar och dokumentation av den nuvarande kustlinjens läge och morfologi sker regelbundet

4.3.3 HÖLLVIKEN/KÄMPINGE

Hur processerna ser ut i Kämpingebukten och Höllviken är mer okänt. SWECO har sedan 2005 mätt ett antal strandprofiler i Kämpingebukten för att utvärdera försöket med att lägga ut sand i Kämpingebukten. Mätningarna mellan 2005 till 2007 utvärderades i en delrapport 2008 och bland annat drogs slutsatsen att sandtransporten i Kämpingebukten är riktad västerut mot Falsterbokanalen.

5 SLUTSATSER

Redan idag kan lokala problem uppträda i samband med extrema högvattennivåer runt Falsterbonäset, i Kämpingebukten och Höllviken samt i anslutning till Falsterbokanalen. Aktuella prognoser rörande framtidens klimat tyder på att denna typ av problem kommer att bli vanligare och mer accentuerade. För att förhindra framtida översvämningar inom låglänta kustnära områden samt inom hamnområdena i Skanör och i Falsterbokanalen, måste någon form av åtgärd vidtas. Lösningen är anläggande av skyddsvallar längs utsatta kuststräckor.

För hamnområdena föreslås en höjning av befintliga kajkonstruktioner och pirar alternativt anläggande av barriärer som hindrar att tillfälliga extrema vattennivåer uppträder inne i de

aktuella hamnarna samt i Falsterbokanalen.

I berörda ytvattendrag såsom Slusan, Bredeväg och Hammarbäcken rekommenderas att någon form av fördämningar anläggs vilka ger möjlighet till avstängning vid extrema högvattensituationer.

Analys av tillgängliga data visar att höga vågor inte uppträder tillsammans med höga vattenstånd. Baserat på de prognoser som finns idag om framtidens klimatförändringar förväntas dessa förändringar inte leda till detta kommer att förändras.

Ökande havsvattennivåer kommer även att medföra att kusterosionen tilltar. Beräkningar baserade på Bruuns lag indikerar en tillbakaflyttning av strandlinjen i storleksordningen 80 – 100 m på ca 100 år vid en höjning av medelvattenytan med ca 1 m. Bruuns lag avser endast erosion orsakad av medelvattennivåhöjningen. Den tar dock inte hänsyn till den ökade erosionen till följd av frekventare och intensivare stormar och högvatten, då erosionen är som kraftigast. Därför blir erosionen sannolikt större än de 80 m som Bruuns lag anger. Möjlighet att minska denna påverkan finns genom utläggning av sand inom utsatta kustavsnitt i syfte att kompensera för havsnivåhöjningens inverkan.

Stigande grundvattennivåer kan på lång sikt förväntas medföra framtida problem på Falsterbohalvön och i Höllvikenområdet inom sådana områden där den ytliga grundvattennivån stiger i takt med att medelvattennivån i havet stiger.

Grundvattenmätningar som gjorts i Skanör/Falsterbo påvisar emellertid ingen direkt korrelation mellan snabba fluktuationer av havsnivån och grundvattennivån. Däremot ses ett samband mellan nederbörd och den ytliga grundvattennivån, vilket leder till en ytterligare höjning av grundvattennivån inom odränerade områden, eftersom nederbörden förväntas öka i framtiden, speciellt vintertid.

Som ett resultat av ökad nederbörd och grundvattenbildning kommer ökade dagvatten- och dräneringsvattenmängder uppträda. Den samtidiga minskningen av markvattenmagasinens omfattning kan förväntas leda fram till en snabbare respons på nederbördstillfällena. Sammantaget leder detta till att man kan förvänta att förhållandena i sådana områden, där de boende redan idag upplever problem med dränering och omhändertagande av dagvatten, relativt snart kommer att uppfattas som påtagligt försämrade.

6 REFERENSER

Blomgren (1999); *Hydrographic and morphologic processes at Falsterbo Peninsula – Present Conditions and Future Scenarios*, Teknisk Vattenresurslära, Lunds Universitet

Deltacommissie (2009); *Advice Summary*,
<http://www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf>, 2009-03-19

IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report - Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

NOAA (Solomon S., Plattner G-K., Knutti R. and Friedlingstein P.) (2009): *Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions*. Artikel publicerad av PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America) (www.pnas.org).

SMHI (1991); *Temperatur och nederbörden i Sverige 1961-1990, Referensnormaler*, Nr. 81, Norrköping

SMHI (2007a): *Sveriges klimat i framtiden*. (<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=8785&l=sv>). 2009-02-02.

SMHI (2007b): *Framtida medel- och högvattenstånd i Skåne och Blekinge*. SMHI rapport Nr. 2007-53.

SMHI (2008): *Nuvarande och framtida vattenstånd i Falsterbokanalen*, SMHI rapport Nr 2008:1

SMHI (2009); *Vindrosor*, <http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/Vindrosor/index.php>, 2009-03-15
Statens offentliga utredningar (2007): *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

Rummukainen, M., Källén, E., (2009); *Ny klimatvetenskap 2006-2009*, Kommissionen för Hållbar utveckling

The Copenhagen Diagnosis, (2009), *Updating the World on the latest Climate Science*, The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.

Rahmstorf, S (2007), A Semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, *Science* vol. 315, no 5810 pp. 368-370

APPENDIX A, BILAGA 1

UPPDRAG Höga havsnivåer Höllvikenområdet	UPPDRAGSLEDARE Johan Landberg	DATUM 2011-03-24
UPPDRAGSNUMMER 1220063000	UPPRÄTTAD AV Sebastian Irminger Street	GRANSKAD AV Björn Almström

Beräkning av våghöjder och uppspolningshöjder

Nedanstående beräkningar visar hur höga vågor som kan förväntas i Höllviken vid en nordvästlig storm (30 m/s) kombinerat med nuvarande 100-årshögvatten (+1,6 m) samt prognostiserade 100-årshögvatten för år 2050 (+2,1 m) och år 2100 (+2,3 m). Dessutom beräknas hur hög uppspolningen kan bli på den planerade skyddsvall längs Höllviken.

För att undersöka hur höga vågor som kan förväntas vid skyddsvallen beräknas först hur stora vågor vinden teoretiskt kan generera. Härfter undersöks hur stora vågor det nya vattendjupet kan tillåta.

För den vindgenererade vågen antas en vindstyrka på 30 m/s med en NV riktning (315°). Stryklängden, mellan Höllviken och Dragör (Danmark) är ca 24 km och vattendjupet är mellan 4 och 12 m. I vågberäkningen används således 6-7,5 m som ett medeldjup över stryklängden. De relativt grunda vattnen anses vara "transitional waters".

Enligt SPM¹ fig 3-32 ger detta en signifikant våghöjd av 2,0–2,5 m och en period av 5,0-5,5 sekunder. I tabellen visas också den maximala höjden en våg kan få på ett visst djup utifrån tumregeln att $H_{max}=0,78 \cdot \text{vattendjupet}$, därefter bryter vågen. Den högsta våghöjd som kan uppträda vid skyddsvallens fot, vilken bedöms ligga +1,0 m över dagens medelvattenyta redovisas i tabellen nedan.

Vattennivå	+1,6 m	+2,1	+2,3 m
Maximal våghöjd	0,5 m	0,9 m	1,0 m

I samtliga fall är djupet begränsande, vilket betyder att de större, vindgenererade vågorna bryter innan de når skyddsvallen

För att beräkna uppspolningshöjden på skyddsvallen används Delft-metoden. Metoden beräknar en uppspolningshöjd som endast 2 % av vågorna kommer att överträffa. Delft-metoden utgår ifrån våglängden för en djupvatten våg, vilket kan beräknas utifrån vågperioden. Vid en kraftig nordvästlig storm är perioden 5,5 sekunder, vilket ger en våglängd av 47,2 m. Beräkningssteg och antaganden redovisas i tabell på nästa sida. Nedan anges endast resultat

¹ US Army Corps of Engineering (1984); *Shore Protection Manual (SPM)*

Vid ett högvatten motsvarande +1,6 m kommer uppspolningen att nå $1,6 + 1,8 = 3,9$ m över dagens medelvattennivå. Skyddsvallen krön bör därför som lägst ligga på nivån +3,9 möh.

Vid ett framtida högvatten motsvarande nivån +2,3 m kommer uppspolningen att nå $2,3 + 2,6 = 4,9$ m över dagens havsnivå och vallens slänkrön behöver åtminstone vara på nivån +4,9 möh.

Vattennivå	+1,6 m	+2,1 m	+2,3 m
Nivå skyddsvallens krön	+3,9 m	+4,5	+4,9 m

Förutsättningar och antaganden för uppspolningsberäkningen:

Vattennivå +1,6 m	Vattennivå +2,3 m	Förklaring
$\xi_{op} = \frac{1}{3\sqrt{0,5/47,2}} = 3,24$	$\xi_{op} = \frac{1}{3\sqrt{1,0/47,2}} = 2,29$	Kopplar skyddsvallens lutning (1:3) till vågens egenskaper (H och L)
$\gamma_h = 1 - 0,03(4 - 0,6/0,5)^2 = 0,76$	$\gamma_h = 1 - 0,03(4 - 1,3/1,0)^2 = 0,78$	Reduktion för uppgrundningen som sker innan vågen når skyddsvallen
$\gamma_f = 0,9$	$\gamma_f = 0,9$	Reduktion beroende på material. Vallens antas bestå av gräs, vilket har en koefficient av 0,9-1,0
$\gamma_\beta = 1,0$	$\gamma_\beta = 1,0$	Reduktion för snett inkommande vågor. Vågorna antas falla in rakt
Uppspolningshöjden enligt formeln $R_{2\%} = 1,6 * \gamma_h * \gamma_f * \gamma_\beta * \xi_{op} * H$		
$R_{2\%} = 1,8$ m	$R_{2\%} = 2,6$ m	