

---

# RAPPORT

---

YSTADS KOMMUN

## Klimatutredning FÖP Ystad

UPPDRAGSNUMMER 1220174000



**SLUTVERSION**

2014-06-19

## Förord

Sweco har på uppdrag av Ystads kommun utfört en klimatutredning av planområdet för kommunens fördjupade översiktsplan för Ystad tätort. Fokus har särskilt legat på effekterna av stigande havsnivå, men även andra klimatrelaterade effekter har belysts, såsom påverkan på grundvatten, ytavrinning och VA-system. I utredningen föreslås strategier för hur kommunen kan arbeta med klimatfrågan samt lokalspecifika åtgärder som kan genomföras i klimatanpassningssyfte på kort, medellång eller lång sikt.

Från Sweco har Olof Persson varit uppdragsledare och Hans Hanson kvalitetsgranskare. Huvudförfattare till rapporten är Caroline Fredriksson. Pontus Siesing har skrivit kapitlen om grundvatten.



Olof Persson  
Uppdragsledare



Hans Hanson  
Granskare

## Innehållsförteckning

<b>0</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Förutsättningar</b>	<b>4</b>
2.1	Marknivåer	4
2.2	Geologi	5
2.3	Grundvatten	6
2.4	Avrinningsområden	6
2.5	Ytvatten	8
2.6	Kuststräckan	8
<b>3</b>	<b>Klimatet idag och år 2100</b>	<b>25</b>
3.1	Begreppet återkomsttid	25
3.2	Nederbörd	26
3.3	Grundvatten	27
3.4	Vattenföring	28
3.5	Havsvattenstånd	29
3.6	Vågklimat och våguppspolning	30
<b>4</b>	<b>Klimatförändringens påverkan</b>	<b>33</b>
4.1	Stranderosion orsakad av stigande medelhavsnivå	33
4.2	Översvämningsrisk	36
4.3	Grundvattennivåer	42
4.4	Dagvatten och dikningsföretag	43
4.5	Badvattenkvalitet	44
<b>5</b>	<b>Förslag till strategi</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>Åtgärdsförslag</b>	<b>47</b>
6.1	Kustskydd	47
6.2	Dagvatten	56
6.3	Grundvatten	57
<b>7</b>	<b>Rekommendationer</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>59</b>

---

## 0 Sammanfattning

Sweco har på uppdrag av Ystad kommun utfört en klimatanalys som ska utgöra underlag till kommunens fördjupade översiktsplan (FÖP) för Ystad tätort. Ystads havsnära läge gör att klimatförändringen kommer att innebära stora utmaningar för staden, särskilt i FÖP-områdets östra, mer låglänta, områden som omfattar hamnen och Ystad sandskog. I dessa områden kan höga vattenstånd i framtiden komma att orsaka omfattande översvämningar i bebyggda områden om skyddsåtgärder inte vidtas. Kuststräckan inom FÖP-området kommer delvis att behöva vallas in för att skydda bebyggelsen.

Översvämningsrisken bedöms även att öka till följd av att skyfallen väntas bli mer intensiva och inträffa oftare i framtiden. För att skydda staden mot översvämningar kan avrinning från åkermarken behöva fördröjas norr om staden eller ledas runt staden. Det kan även behövas åtgärder för att öka kapaciteten i de befintliga dagvattensystemen och pumpning kan krävas från låglänta områden för att kunna avleda dagvatten i samband med höga havsvattenstånd. Kommunens framtida dagvattenförsörjning bör utredas mer i detalj inom ramen för det pågående arbetet med den kommunala vattenplanen.

Stigande havsnivåer kommer medföra att erosionen av kommunens sandstränder ökar. Inom FÖP-området väntas sandstränderna att backa med cirka 30 – 60 meter bara som en följd av havsnivåhöjningen, om inga skyddsåtgärder vidtas. Detta kan leda till skador på vägar, bebyggelse och övrig infrastruktur. Samtidigt besitter stränderna i Ystad ett stort ekonomiskt värde och bidrar till kommunens attraktionskraft som turiststad och för de boende.

Genom en framsynt planering har kommunen goda möjligheter till att fatta kloka beslut för stadens utveckling. Rapporten innehåller flera åtgärdsförslag som kan integreras i planeringen. I rapporten rekommenderas en proaktiv strategi, där låglänta områden skyddas genom exploatering ut mot havet och där översvämningssskydden ses som en tillgång i stadsbilden istället för en kostnad.

Kommunens stränder och deras bakomliggande områden föreslås skyddas genom strandfodring i kombination med bakomliggande vallar i form av konstruerade sanddyner, upphöjda gång- och cykelbanor eller jordvallar.

Den västra delen av Ystad sandskog bör ges högsta prioritet. Här behöver kommunen säkerställa att bebyggelsen har ett tillräckligt skydd mot översvämningar redan idag.

## 1 Inledning

Ystad kommun arbetar med att ta fram en fördjupad översiktsplan (FÖP) för Ystad tätort. Som underlag beskrivs här klimatförändringens påverkan med avseende på översvämningar, erosion och grundvattennivåer.

Ystads läge vid kusten gör att staden kommer att påverkas av stigande havsnivåer som leder till ökad erosion, ökad översvämningsrisk och höjda grundvattennivåer. Översvämningsrisken bedöms även att öka till följd av ökad extrem nederbörd. Skyfall, som innebär stora mängder nederbörd på kort tid, förutses bli vanligare och intensivare i framtiden.

Dagens klimatprognoser sträcker sig oftast fram till år 2100. Samhällsplanering och exploatering av nya stadsdelar kan dock få konsekvenser som varar betydligt längre än så. Ju längre in i framtiden vi försöker förutse klimatförändringens effekter, desto större blir osäkerheterna. Det finns stora felmarginaler både i klimatmodeller och i prognoser för samhällsutvecklingen. Hur Ystad kommer se ut i slutet av seklet är mycket svårt att förutse. En jämförelse kan göras med hur lite man på 1920-talet kunde förutse om Ystads utveckling fram till idag.

Med beaktande av detta har vi valt att i klimatanalysen fokusera på dagens förhållanden och förväntade förhållanden år 2100. Eftersom osäkerheterna är så stora, är det viktigt med säkerhetsmarginaler och att de skyddsåtgärder som planeras är flexibla och anpassningsbara om förutsättningarna skulle förändras.

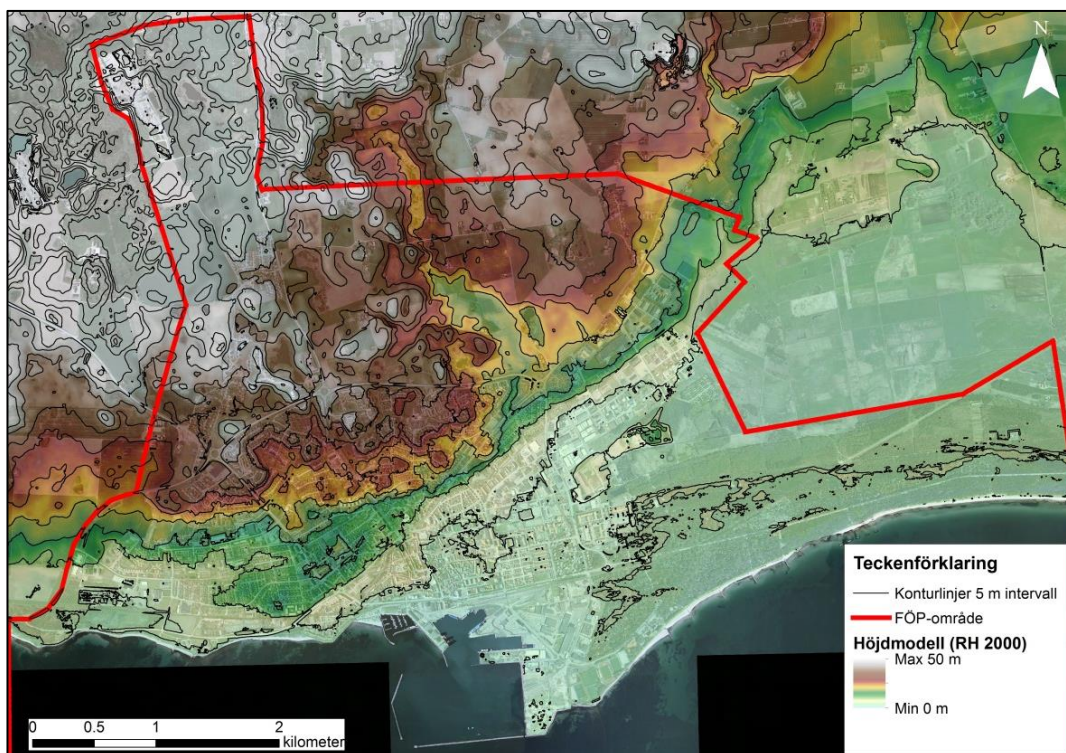
## 2 Förutsättningar

Ystad är beläget vid havet och FÖP-området omfattar cirka en mil kuststräcka. Markanvändningen inom området består av tätortsbebyggelse, fritidsbebyggelse, industriområden, väg, järnväg, hamn, marina, jordbruksmark, rekreationsområden och badstränder.

### 2.1 Marknivåer

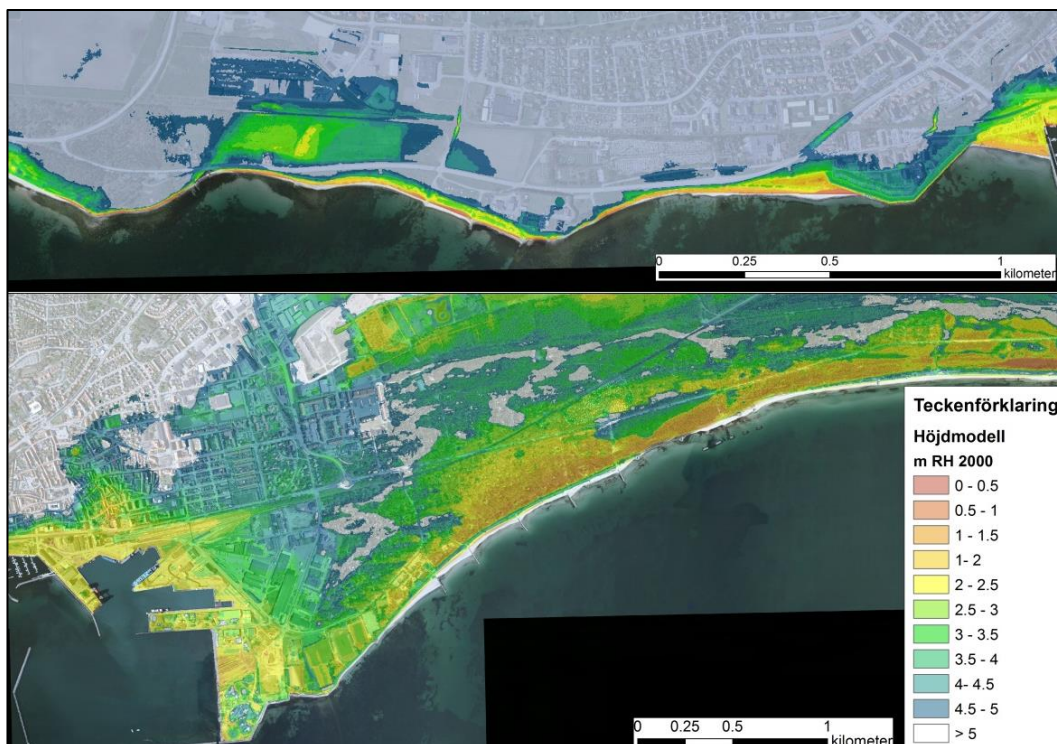
I föreliggande rapport anges alla nivåer i höjdsystemet RH 2000.

Inom FÖP-området är nivåskillnaden cirka 50 m med en generell sydostlig lutning ned mot kusten. I områdets östra delar är marken lågt belägen, stora områden ligger under nivån +5 m. I Figur 2-1 visas en höjdmodell över hela området som baserats på laser-scannad höjddata från den nya nationella höjdmodellen (NNH).



**Figur 2-1** Höjdmodell över FÖP-området med noggrannhet  $\pm 0,2$  m och upplösning  $2 \times 2$  m. Nivåer anges i RH 2000.

I Figur 2-2 visas en förstoring över den aktuella kuststräckan med nivåer från 0 till 5 m. I den övre kartbilden visas den västra delen av området och i den nedre den östra. Marklutningen ner mot kusten är betydligt brantare i områdets västra delar. Det finns en lågpunkt norr om väg 9 med nivåer på cirka +2 till +4 m. I områdets östra delar är lutningen flackare. Hamnen, östra delen av Ystad tätort samt Ystad sandskog är belägna under +5 m.

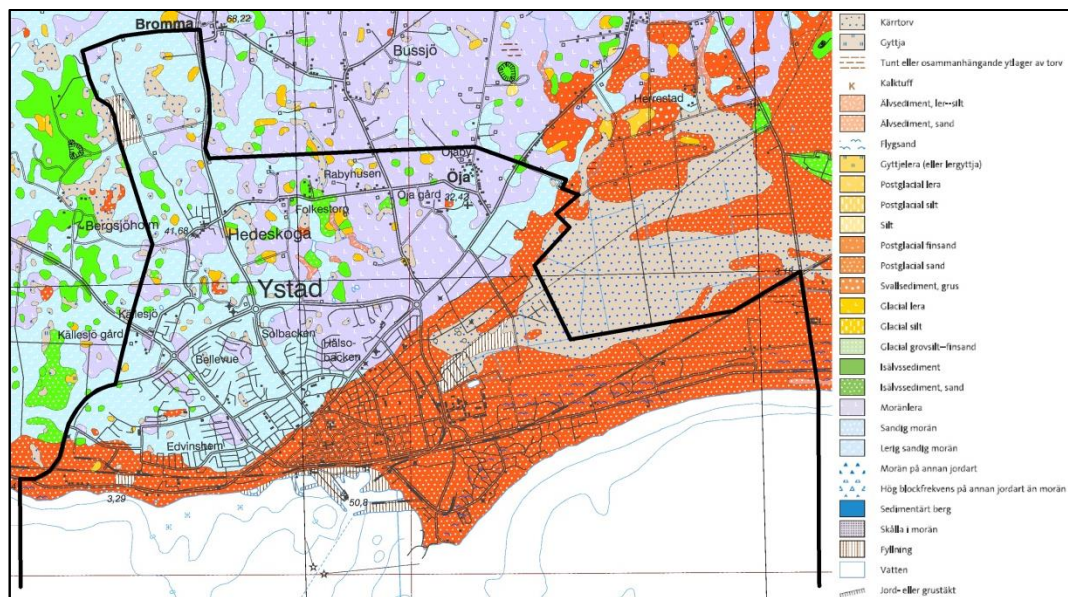


**Figur 2-2** Höjdmodell med intervallet 0 till 5 m över FÖP-områdets kuststräcka. I den övre bilden visas den västra delen och i den nedre bilden den östra.

## 2.2 Geologi

Inom FÖP-området består berggrunden av sedimentära bergarter i form av kalksten och lerskiffer.

I Figur 2-3 visas en jordartskarta över FÖP-området. Längs kusten består det översta jordlagret av sand, i den nordvästra delen av området lerig, sandig morän eller moränlera och i den östra delen av området, i den stora sänkan, kärrtorv. Hamnområdet, marinan och gjuteriområdet ligger på utfylld mark.



Figur 2-3 Jordarter inom FÖP-området. Källa: SGU

## 2.3 Grundvatten

Inom FÖP-området är de geologiska förhållandena sådana att man generellt kan tala om minst två typer av grundvattenmagasin. Ett eller flera öppna magasin i de övre jordlagren samt ett slutet magasin i kalkberggrunden. Grundvattenuttag görs ur båda magasinerna. Möjligheterna till grundvattenuttag ur kalkberggrundens övre delar är goda medan jordlagren vanligen är av mindre och främst lokal betydelse för vattenförsörjning.

Inom FÖP-området finns inga kommunala vattentäkter. Det finns dock andra grundvattenrelaterade intressen, till exempel ligger Ystad Lasarettets anläggning för reserv- och kylvatten på lasarettområdet i Ystad tätort.

Grundvattnets generella horisontella flödesriktning i kalkberggrunden inom FÖP-området är från norr mot havet i söder. I jordlagren bedöms den horisontella strömningen i huvudsak följa topografin.

Grundvattennivån i området varierar naturligt under året. Hur mycket nivån varierar skiljer sig från plats till plats men generellt kan sägas att nivåerna är högst under tidig vår och lägst under hösten. Årsmedelvariationen avseende trycknivån i den sedimentära berggrunden i Ystadområdet bedöms uppgå till i storleksordningen  $\pm 0,5$  m.

## 2.4 Avrinningsområden

Med höjdmodellen (NNH) som underlag har ytliga flödesvägar och avrinningsområden beräknats för FÖP-området genom GIS-analys. Resultatet visar hur vattnet avrinner ytligt förutsatt impermeabel markyta. Dikningsföretag med öppna diken har manuellt inkluderats som rinnvägar, då höjdmodellen har för grov upplösning för att dessa ska resultera i flödesvägar vid GIS-analysen.

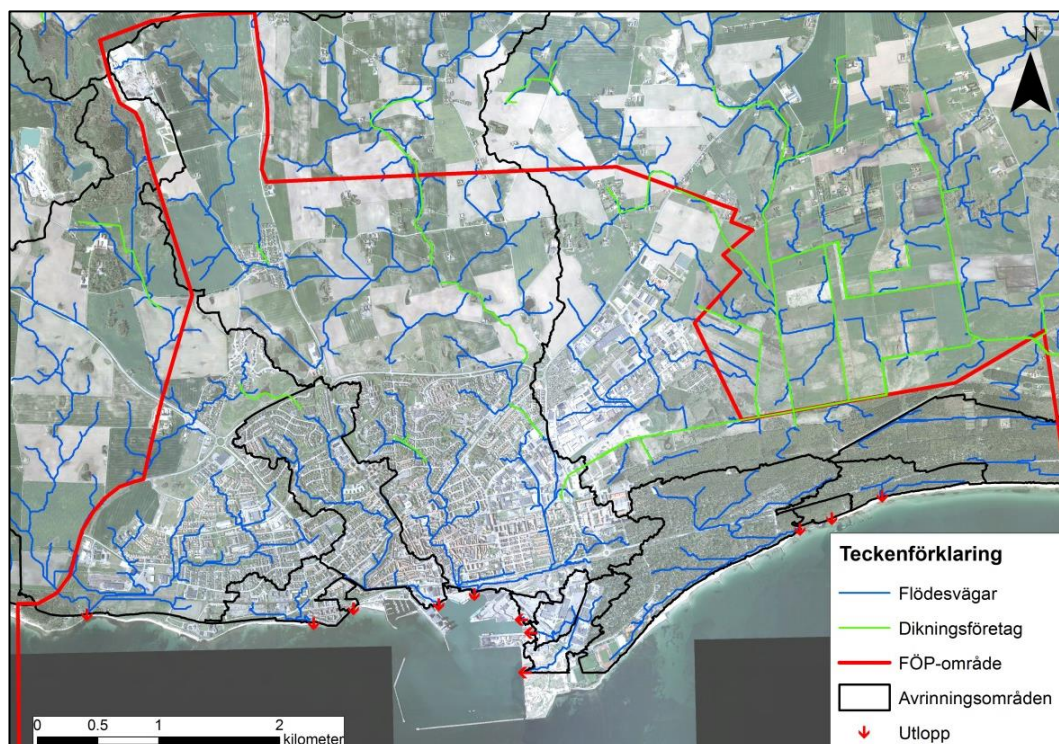
6 (59)

RAPPORT  
2014-06-19

KLIMATUTREDNING FÖP YSTAD

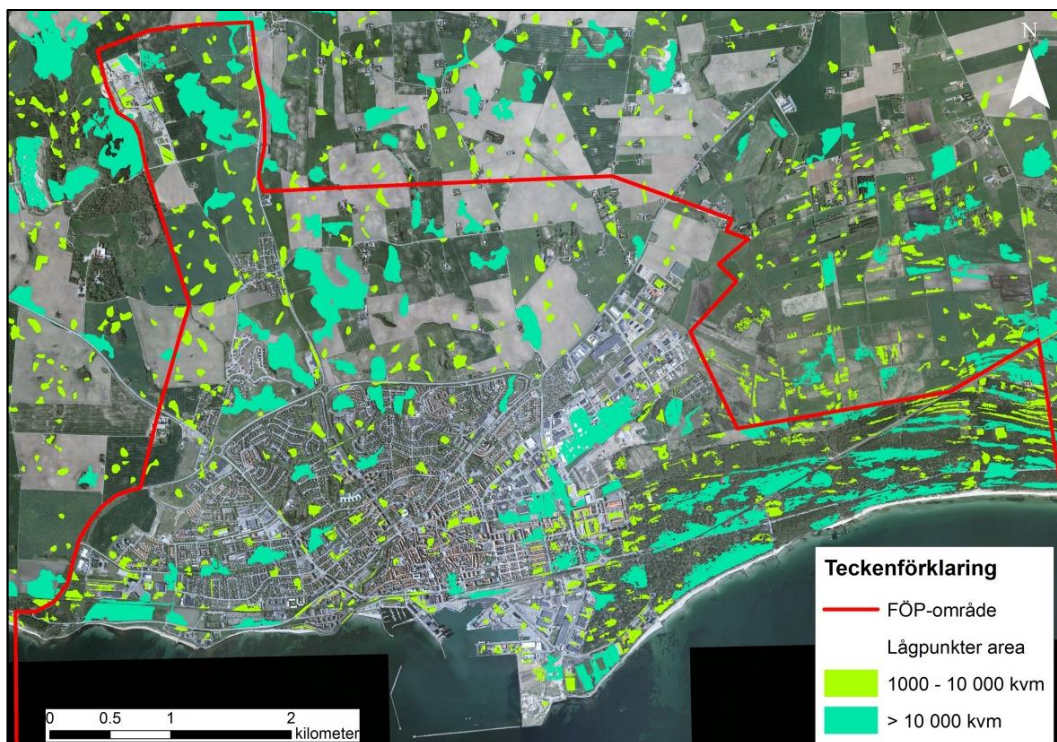


I Figur 2-4 visas flödesvägar, avrinningsområden och utloppspunkter. Vid tillfällen med extrem nederbörd, då ledningsnätet är dämt och marken vattenmättad, kan resultatet användas för att beskriva den ytliga avrinningen inom det aktuella området. I normala fall kommer vattnet att dräneras via dagvattenledningar och diken samt i viss mån infiltrera i jorden. För att få en mer rättvisande bild av avrinningen inom området samt för att visa vilka områden som översvämmas vid olika typer av regn behöver en modell, som tar hänsyn till ledningsnätet såväl som den ytliga avrinningen, appliceras på området. Det kan även vara intressant att med en sådan modell simulera hur avrinningen på land påverkas av höga vattennivåer i havet.



**Figur 2-4** *Avrinningsområden, flödesvägar och utlopp vid yttlig avrinning, utan hänsyn tagen till dränering via ledningsnät.*

Vid häftig nederbörd uppstår ofta översvämningsar i lågpunkter i terrängen där vattnet blir instängt. I urban miljö och på åkermark är dessa lågpunkter normalt dränerade via dagvattensystem, diken eller dräneringsledningar, men vid häftig nederbörd finns det risk för att ledningarnas kapacitet överskrids och inte förmår dränera marken. En sänkanalys har gjorts av höjdmodellen som visar inestängda områden där risken för översvämningsar kan vara större. I Figur 2-5 visas sänkor med areor på 1 000 – 10 000 m<sup>2</sup> samt överstigande 10 000 m<sup>2</sup>.



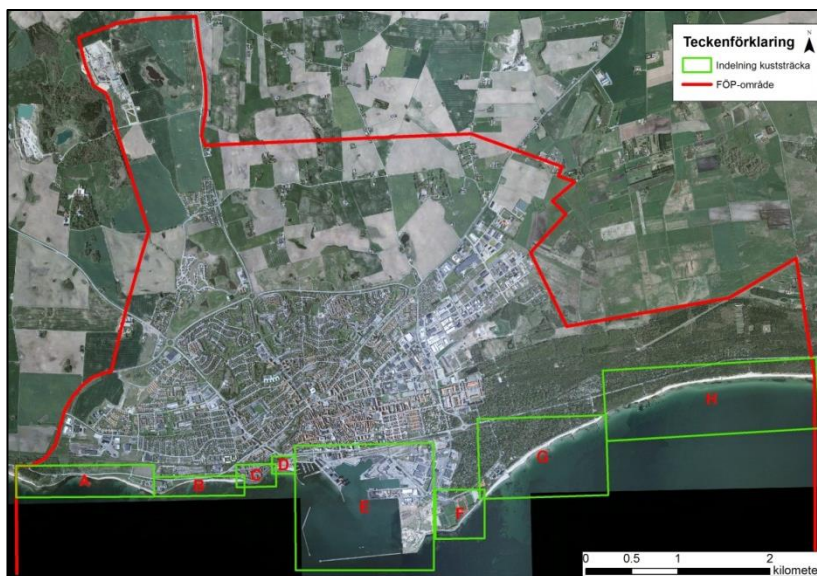
**Figur 2-5** *Lågpunkter i terrängen där risken för att vatten stängs in och orsakar översvämningar vid häftig nederbörd är större. Hänsyn har inte tagits till dränering via ledningsnät.*

## 2.5 Ytvatten

Inom FÖP-området finns inga sjöar eller vattendrag. Nybroån mynnar strax öster om området, men tidigare flödesmodellering av ån visar att den inte har någon påverkan på FÖP-området (Sweco, 2013). Historiskt sett har marken delvis avvattats via mindre bäckar men dessa har kulverterats i samband med utdikning av åkermark och utbyggnad av staden. Enligt uppgift från Ystads kommun har det funnits ett öppet vattendrag genom Ystads östra delar, som mynnade där den nuvarande hamnbassängen ligger idag. Befintliga dikningsföretags sträckningar framgår av Figur 2-4.

## 2.6 Kuststräckan

Kuststräckan inom planområdet har delats upp i åtta delsträckor enligt Figur 2-6.



**Figur 2-6** Definierade delsträckor av kusten inom FÖP-området.

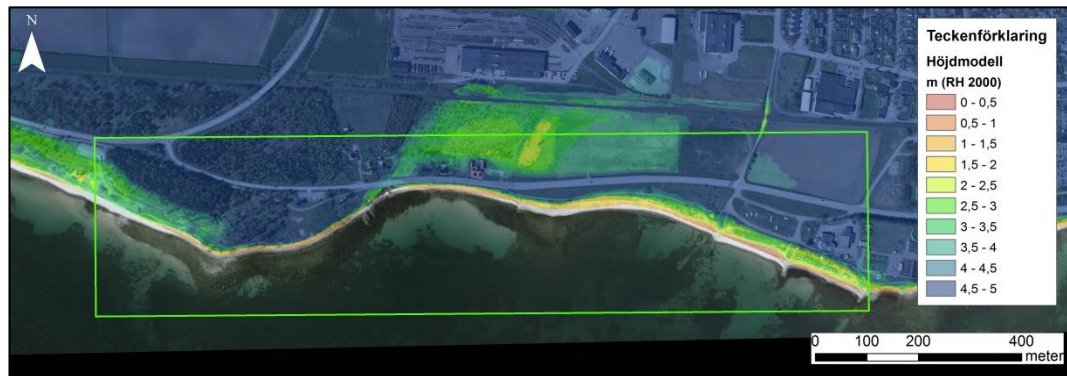
### Delsträcka A Väster om reningsverket

I den västra delen finns en stenig udde. Öster om udden finns en erosionskant som ligger nära väg 9. Därefter är det sandstrand med sanddyner fram till reningsverket (Figur 2-7). Strandplanet är relativt brant. Stranden används för bad och rekreation. Det finns en parkering som även fungerar som en inofficiell campingplats. Vid reningsverket finns fiskebodnar.



**Figur 2-7** Bild från delsträcka A. Foto: Caroline Fredriksson

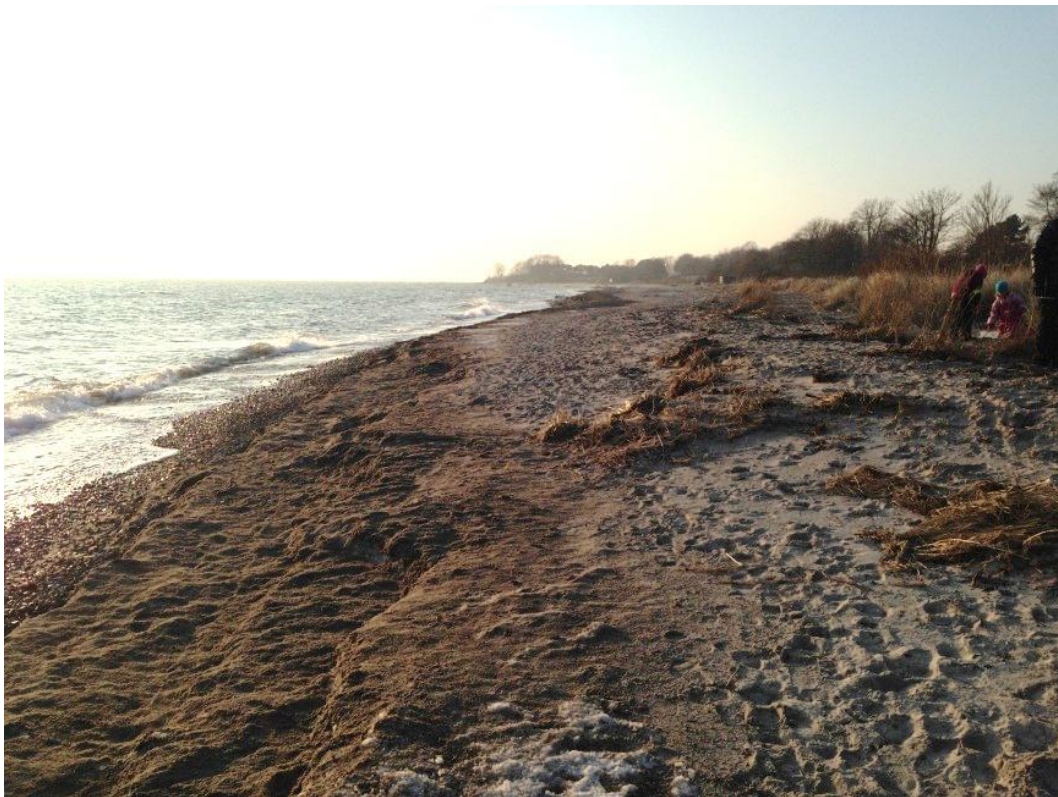
I Figur 2-8 visas en höjdmmodell över området. Kustavsnittet har en relativt brant lutning, 5-meterslinjen ligger mellan 20 och 70 m från strandlinjen. Norr om väg 9 finns ett område som är lägre beläget på mellan +2 till +4 m.



**Figur 2-8** Höjdmmodell för delsträcka A.

### Delsträcka B Öster om reningsverket

Hela den aktuella kuststräckan har i tidigare utredningar pekats ut som erosionsdrabbad. Söder om vägen ligger kommunens huvudavloppsledning som skyddats med gabioner, betongmadrasser, flexplattor och stenskoning i syfte att utvärdera effekten av de olika typerna av släntskydd. Det finns inte idag några kända akuta erosionsproblem. Strandområdet används som rekreationsområde av närboende men är inte någon kommunal badplats (Figur 2-9).



**Figur 2-9** Bild från delsträcka B. Foto: Caroline Fredriksson

I Figur 2-10 visas en höjdmodell över området. Kustavsnittet har en förhållandevis brantare lutning i väster. Hela reningsverksområdet ligger över + 5 m. Öster därom följer 5-meterskurvan ungefär väg 9:s sträckning. I öster, där väg 9 viker av från kusten är strandområdet lågt beläget på +1 till +3 m upp till 100 m från strandlinjen.



**Figur 2-10** Höjdmodell för delsträcka B.

---

### Delsträcka C Gjuteriområdet

Gjuteriområdet skyddas av stenskoning (Figur 2-11). Mellan stenskoningen och bebyggelsen ligger en gång- och cykelbana.



**Figur 2-11** Bild från delsträcka C. Foto: Caroline Fredriksson

I Figur 2-12 visas en höjdmodell över området. Stenskoningen som skyddar området ligger på över + 4 m. Bakom den finns en gräsyta som ligger på + 3 till +4 m. Bebyggelsen inom området ligger på +4 till +5 m-



Figur 2-12 Höjdmmodell för delsträcka C.

### Delsträcka D Väster om marinan

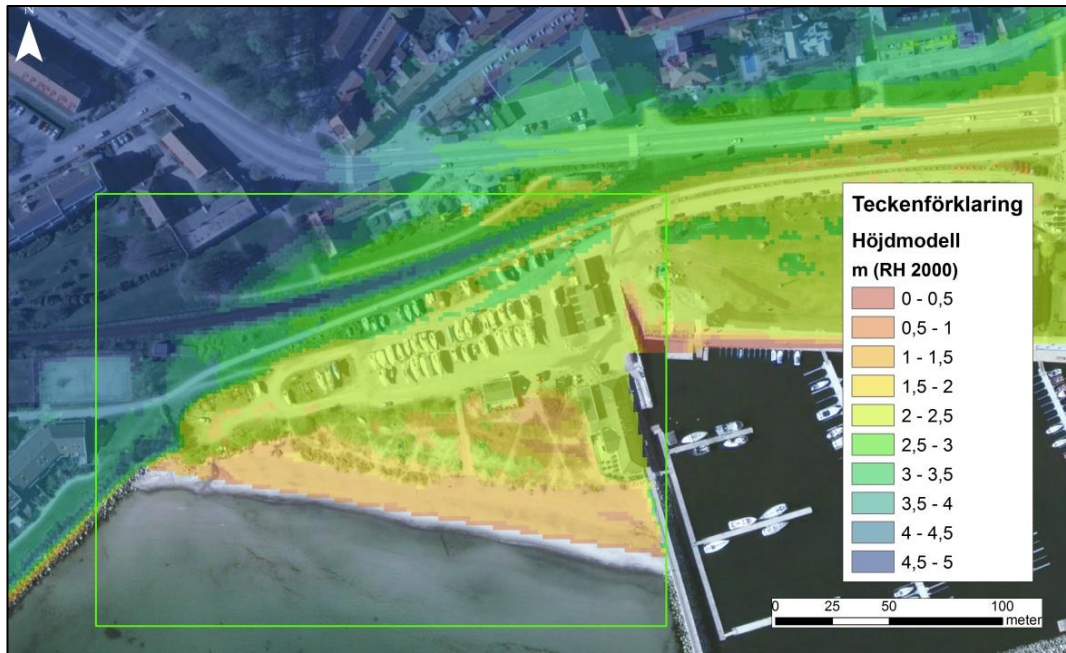
Mellan gjerteriområdet och marinan ligger en kort sträcka med sandstrand (Figur 2-13). Strandplanet är relativt brett med låga sanddyner. Bakom stranden ligger en båtuppställningsplats. Mellan båtuppställningsplatsen och järnvägen ligger en gång- och cykelväg. Kommunen avråder från bad vid stranden på grund av vattenkvalitetsproblem. Dessa tros bero på ett dagvattenutlopp som mynnar vid stranden, ett nödavlopp som mynnar en bit ut i vattnet samt strandens närhet till hamnarna. Kraftig ansamling av tång och det skyddade läget som leder till begränsad vattenomsättning kan vara andra bidragande orsaker till vattenkvalitetsproblemen. Stranden är den mest centralt belägna i Ystad och har stor potential för ökat utnyttjande för rekreation och eventuellt för bad.



**Figur 2-13** Bild från delsträcka D. Foto: Caroline Fredriksson

I Figur 2-14 visas en höjdmödel över området. Hela den aktuella kuststräcka är lågt belägen, till stora delar under + 3 m. Järnvägen avtecknar sig som en höjdrygg som kommer in västerifrån. I västra delen ligger järnvägen på över + 5 m och i den östra delen betydligt lägre, på cirka + 3 m.





**Figur 2-14** Höjdmmodell för delsträcka D.

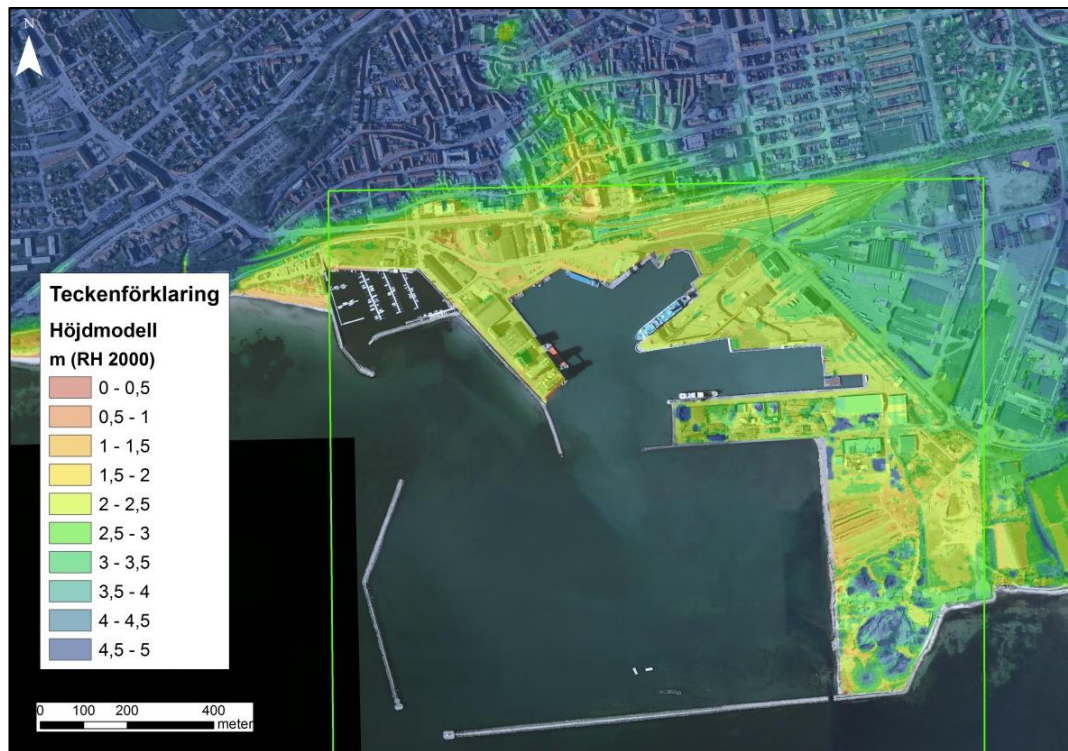
### Delsträcka E Hamnen och marinan

Ystads hamn ligger på utfylld mark. En flygbild över området visas i Figur 2-15. Hela området skyddas av kajkonstruktioner eller stenskoningar. Pirarmarna skyddar hamnen så att vågorna dämpas.



**Figur 2-15** Flygfotografi över delsträcka E; Ystad hamn och marina (flygfotografi från Ystads kommun).

I Figur 2-16 visas en höjdmodell över området. Hela området är lågt beläget, stora delar ligger under + 3 m och lokalt även under + 2 m. Norr om hamnen sträcker sig en dalformation in mot Ystad centrum med nivåer under + 2 m.



**Figur 2-16** Höjdmodell för delsträcka E.

---

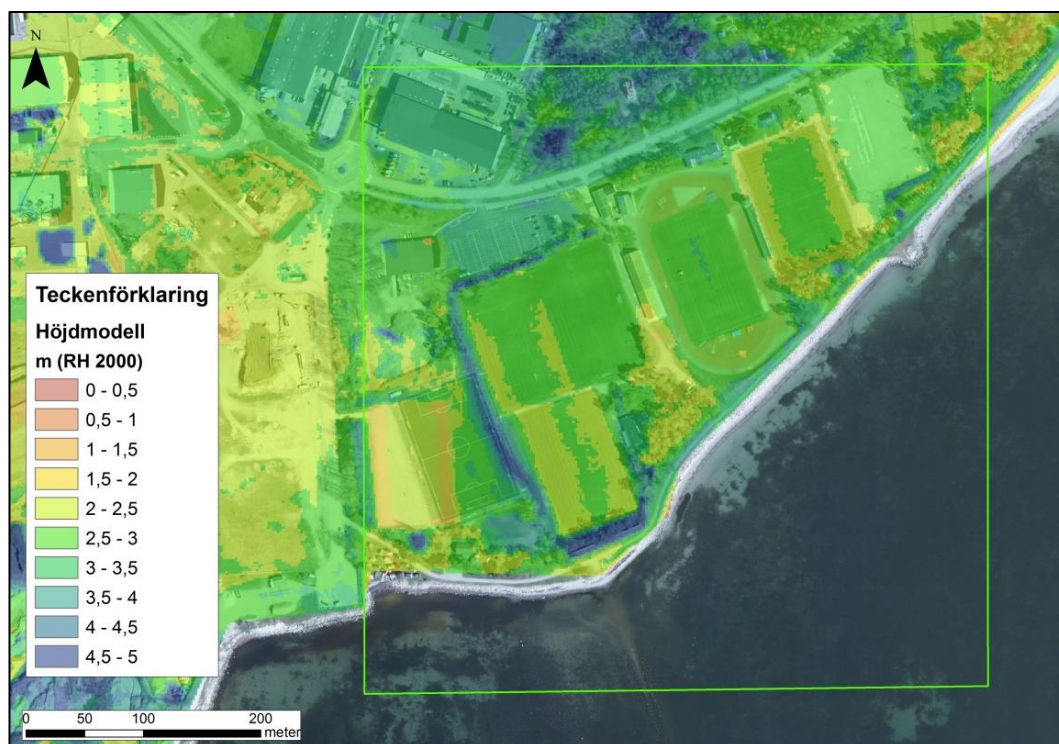
### Delsträcka F Öster om hamnen

Kuststräckan mellan Världens ände och Ystad Saltsjöbad skyddas av stenskonig (Figur 2-17). Marken bakom stranden används till idrottsanläggningar.



**Figur 2-17** Bild från delsträcka F. Källa: SGU

I Figur 2-18 visas en höjdmodell över området. Idrottsplanerna är lågt belägna, mellan +2 till + 3 m. Stenskoningen ligger inte högre.



**Figur 2-18** Höjdmodell för delsträcka F.

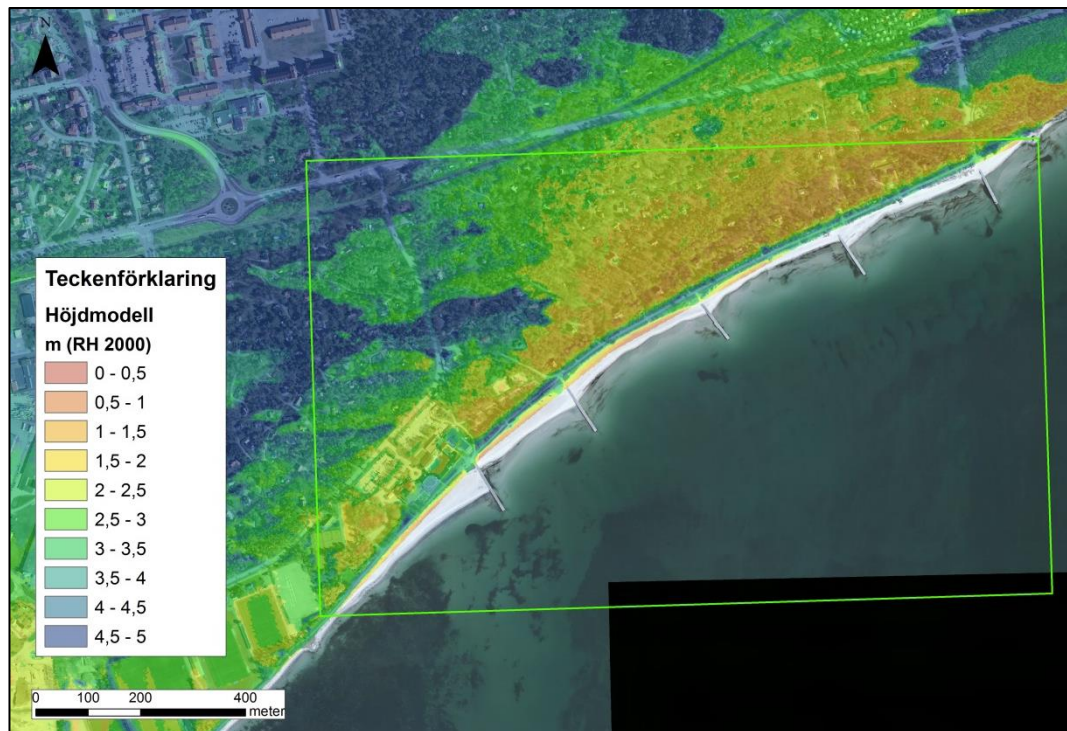
### Delsträcka G Ystad sandskog väster

Området mellan Ystad Saltsjöbad i väster och Jaktpaviljongen i öster är ett mycket viktigt område för turismen i Ystad och erbjuder rekreativsmöjligheter året om för de boende (Figur 2-19). Utmed kuststräckan ligger bryggor som fungerar som hövder och sedan år 2011 strandfodras kuststräckan regelbundet (cirka vart tredje år). Bakom stranden ligger en strandpromenad och där bakom återfinns i sin tur stora områden med fritidsbebyggelse. Mellan stranden och strandpromenaden finns på vissa platser sanddyner. I skogen på norra sidan av cykelbanan finns fossila vegeterade sanddyner.



**Figur 2-19** Bild från delsträcka G. Källa: SGU

I Figur 2-20 visas en höjdmödel över området. Området bakom strandpromenaden är mycket lågt beläget, i vissa delar under + 1,5 m. Strandpromenaden och sanddynerna mellan havet och sandskogen ligger något högre, över + 3 m och i vissa delar så högt som + 5 m.



**Figur 2-20** Höjdmmodell för delsträcka G.

---

### Delsträcka H Ystad sandskog öster

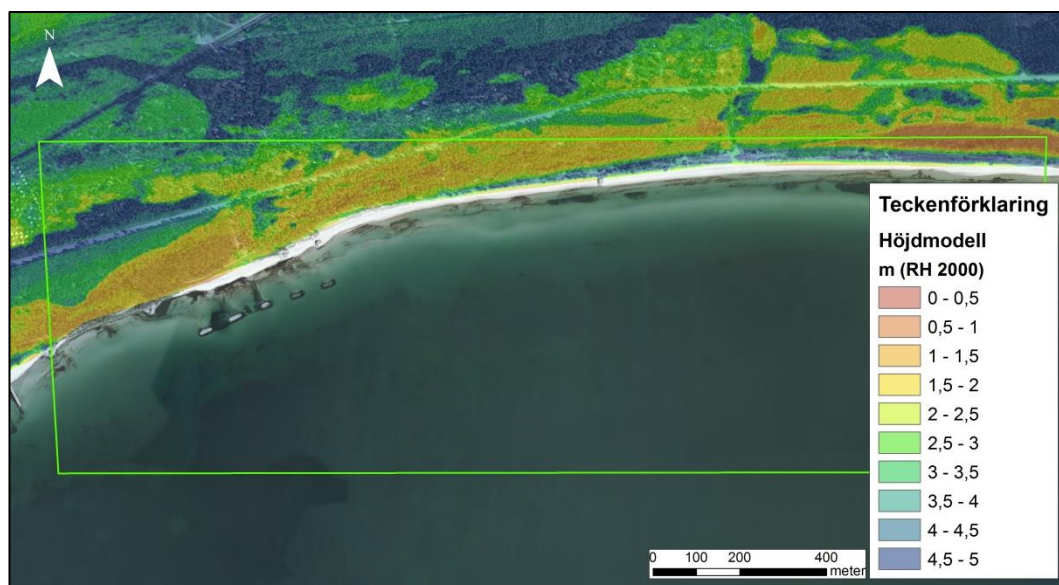
Området är ett viktigt naturområde, skyddat som naturreservat och Natura 2000-område (Figur 2-21). Enligt tidigare utredningar sker det i områdets västra del erosion. Här har anlagts fem friliggande vågbrytare och lokalt har stenskning anlagts. Innanför de friliggande vågbrytarna har det skett en påtaglig ackumulation över senare år.



**Figur 2-21** Bild från strandsträcka H. Källa: SGU

I Figur 2-22 visas en höjdmodell över området. Hela området är mycket lågt beläget, stora delar mellan + 0,5 till + 2 m. I den östra delen är sanddynerna högre mellan +4 till +5 m.



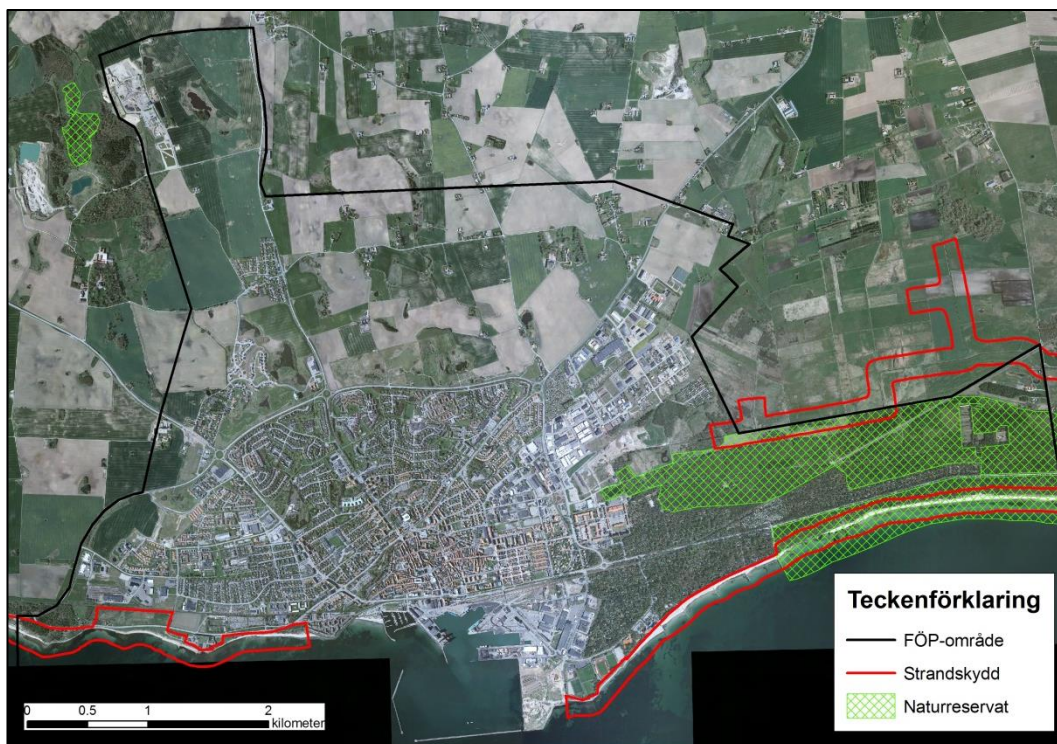


**Figur 2-22** Höjdmodell för delsträcka H.

### Strandskydd

Sveriges kust skyddas av strandskydd för att säkerställa att området närmast vattnet är tillgängligt för allmänheten. Strandskyddet är normalt sett 100 m från strandlinjen upp på land och ut i havet. De hus som ligger närmre stranden än 100 m har uppförts innan strandskyddet instiftades eller innan kommunerna tillämpade samma strikta tolkning som idag. Inom FÖP-området finns det redan idag mycket strandnära bebyggelse. Inom dessa områden har strandskyddet upphävts.

I Figur 2-23 visas strandskydd och naturreservat inom FÖP-området.



**Figur 2-23** Strandskydds- och naturreservatsområden.

### 3 Klimatet idag och år 2100

Beskrivningen av klimatförändringens påverkan på Ystad baseras på SMHI:s regionala klimatanalys för Skåne län (SMHI, 2011). Sedan rapporten utkom har Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) publicerat nytt underlag till sin *Fifth assesement report* (AR 5) som ska färdigställas i oktober 2014.

En skillnad från tidigare IPCC-rapporter är att den prognosticerade havsnivåhöjningen har bestämts med ett snävare konfidensintervall. SMHI utgår i sin rapport från en medelhöjning med 1 m av medelhavsytan. I IPCC:s senaste rapport ligger denna höjning som tidigare betraktades som den mest sannolika ökningen istället i den övre delen av konfidensintervallet (IPCC, 2013). Medelhavsytan väntas dock fortsätta att stiga efter år 2100 så om havet inte stiger med 1 m till år 2100, kommer nivån enligt prognosen att uppnås något eller några årtionden senare.

SMHI:s regionala klimatanalys kan därmed fortfarande anses vara den mest tillförlitliga källan för den regionala klimatutvecklingen i Skåne och har därför valts som underlag för att bedöma klimatförändringens lokala effekter i Ystad.

Beskrivning av klimatets påverkan på grundvattnet baseras främst på SGU-rapport 2010:12 *Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat*. Rapporten utgår från IPCC:s klimatscenario.

#### 3.1 Begreppet återkomsttid

Extrema väderhändelser beskrivs ofta i termer av återkomsttid, exempelvis 100 års återkomsttid. Återkomsttiden anger att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Sannolikheten att en 100-årshändelse ska inträffa varje enskilt år är 1/100. Över tid ackumuleras sannolikheten. Sannolikheten att en händelse med en viss återkomsttid ska inträffa eller överskridas under en viss tidsperiod presenteras i Tabell 3-1.

**Tabell 3-1** Sannolikheten att en händelse med en viss återkomsttid ska inträffa eller överskridas under en viss tidsperiod.

Återkomsttid [år]	Tidsperiod					
	10 år	20 år	30 år	40 år	50 år	100 år
10 år	65%	88%	96%	99%	99%	100%
20 år	40%	64%	79%	87%	92%	99%
50 år	18%	33%	45%	55%	64%	87%
100 år	10%	18%	26%	33%	39%	63%

Extrema händelsers återkomsttid bestäms vanligtvis genom frekvensanalys av historiska data. För att få ett tillförlitligt resultat krävs långa dataserier. Frekvensanalyser bör inte extrapoleras längre än att återkomsttiden motsvarar den dubbla längden av dataserien. Bristen på långa, tillförlitliga klimatdataserier gör att frekvensanalyser sällan används för att bestämma händelser med längre återkomsttid än 100 år. För att studera mer extrema

---

händelser krävs en undersökning av historiska händelser eller att extrema händelser bestäms med utgångspunkt i fysiska begränsningar.

Med hänsyn till osäkerheter i analysmetoder och befintligt dataunderlag beskrivs i den här analysen påverkan av händelser med 100 års återkomsttid. Vilken återkomsttid som kommunen väljer att skydda sig mot och dimensionera sina skydd efter bör bestämmas i varje enskilt fall med hänsyn till risk för människors liv och hälsa, materiella skador, störningar av samhällsfunktioner samt åtgärdens kostnad.

### 3.2 Nederbörd

Klimatet i Ystad präglas av det kustnära läget, vilket innebär kraftigare vindar, mindre nederbörd och mindre temperaturvariationer jämfört med mer höglänta områden inåt landet.

Ystads årsmedelnederbörd är idag 640 mm och väntas öka med cirka 20% till år 2100. Till följd av högre lufttemperatur väntas avdunstningen öka i sådan omfattning att avrinningen totalt sett minskar, trots ökad årsnederbörd.

I tätorter är det oftast kraftiga, kortvariga regn som ger upphov till översvämningar eftersom avrinningsförloppet är snabbt som en följd av hög andel hårdgjorda ytor och begränsad möjlighet till fördröjning och flödesutjämning. Klimatförändringen väntas leda till att översvämningensrisken i samband med häftiga regn ökar.

Idag uppträder skyfall främst under sommaren då temperaturen är högre och de fysiska förutsättningarna medger att stora mängder konvektiv nederbörd bildas. I Skåne förekommer skyfall främst under perioden juni till september, med störst frekvens under juli och augusti. Klimatförändringen förväntas leda till att den varmare perioden av året förlängs, vilket innebär att perioder med större risk för skyfall blir längre.

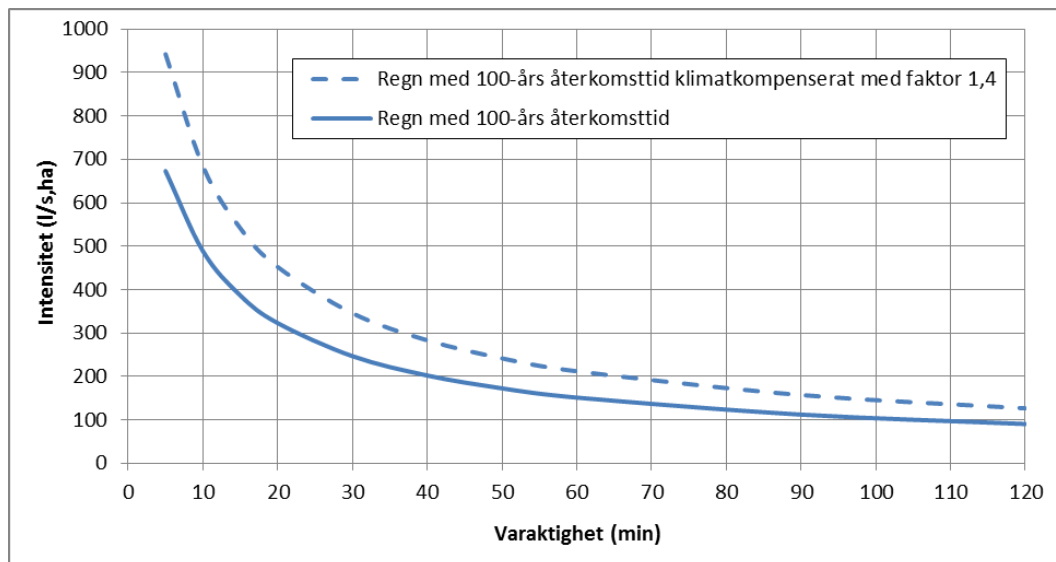
Det som vi idag beskriver som extrema nederbördshändelser kommer att bli vanligare i framtiden. Intensiteten i ett regn med varaktighet 30 min och återkomsttid på 10 år väntas öka med cirka 10% till år 2050 och med cirka 30% till år 2100 (SMHI, 2011). Vid dimensionering av dagvattenanläggningar med en förväntad livslängd på 100 år kan, enligt ett danskt förslag, den extrema nederbörden klimatkompenseras med en faktor 1,3 för händelser med 10 års återkomsttid och med en faktor 1,4 för en händelse med 100 års återkomsttid (Svenskt Vatten, 2011).

Vid beräkning av dimensionerande regn är det idag vanligt att man istället för att analysera historiska data, använder en formel som beräknar nederbörden med hänsyn till molnfysikaliska principer (Svenskt Vatten, 2011). Regnintensitet,  $i$ , som här anges i liter per sekund och hektar kan beräknas enligt (Dahlström, 2010):

$$i = 190 \cdot \sqrt[3]{\dot{A}} \cdot \frac{\ln T_R}{T_R^{0,98}} + 2$$

där varaktighet,  $T_R$ , anges i minuter och återkomsttid,  $\dot{A}$ , anges i månader. Regnets varaktighet väljs efter hur lång rinntiden är inom avrinningsområdet fram till den punkt för vilken flödet ska beräknas.

I Figur 3-1 visas intensiteten för regn med varaktigheter som varierar mellan 5 och 120 minuter med en återkomsttid på 100 år beräknade enligt ovanstående formel. I figuren visas även samma regn, klimatkompenserat med en faktor 1,4 (enligt resonemang ovan).



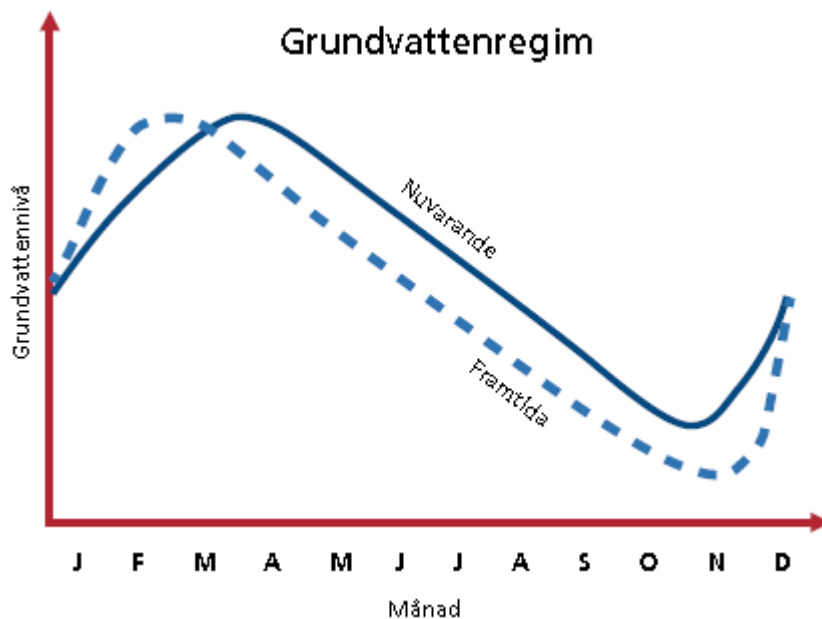
Figur 3-1 Regn med 100 års återkomsttid.

### 3.3 Grundvatten

Då klimatet förändras genom att temperaturen stiger och nederbörden ökar påverkas grundvattnet. Det är dock svårt att förutse hur grundvattenbildningen och grundvattenregimen påverkas och de studier som gjorts ger inte entydiga svar.

Den ökade nederbörden bedöms generellt i Sverige kunna ge höjda grundvattennivåer med någon eller tiotals centimeter. I de sydöstra delarna av landet, där Ystad ligger, kan grundvattennivåerna däremot komma att sjunka (SGU, 2014). Generellt är förändringarna av de högsta och lägsta nivåerna små och för södra Sverige bedöms även skillnader i extremnivåer vara liten (SGU, 2010).

Grundvattenbildningen i Skåne följer ganska väl avrinningsmönstret. Klimatförändringen väntas därför, på grund av mer nederbörd i form av regn, ge en ökad grundvattenbildning under vinterhalvåret och de högsta nivåerna på våren bedöms komma att inträffa tidigare på året (SGU, 2014). Samtidigt kan avsänkningen av grundvattennivån under sommarhalvåret komma att öka och förlängas på grund av högre temperatur och längre sommar (SGU, 2014). Sammantaget kan de högsta grundvattennivåerna i framtiden komma att inträffa tidigare på året samtidigt som de lägsta nivåerna blir än lägre och inträffar senare (Figur 3-2) (Sydvatten, 2014). Om grundvattenbildningen totalt kommer att öka eller minska är idag oklart (Sydvatten, 2014).



**Figur 3-2** Nuvarande och framtida grundvattennivå i jordlagren i Skåne (Sydvatten, 2014).

I kustnära områden kommer grundvattennivåerna att stiga till följd av stigande havsnivåer. Nära kusten sammanfaller vanligen grundvattenytan och havsytan och förändringar i havsnivån ger här en direkt påverkan på grundvattennivån. Hur långt in i landet som grundvattennivåerna påverkas av havet beror på marklutning, jordarter och eventuella grundvattenuttag. Generellt ger snabba havsnivåförändringar, som högvatten, främst ett genomslag i grundvattennivån mycket nära kusten medan långsiktiga förändringar av medelvattennivån kan ge påverkan på grundvattennivån betydligt längre in mot land. Påverkansavståndet kan uppskattas genom grundvattenmodellering.

Även kloridhalten i grundvattnet i berggrunden nära kusten ökar vid en havsyttehöjning (SGU, 2010).

### 3.4 Vattenföring

Förändringar i vattenföringen påverkar främst Nybroån men kan också få effekter för de dikningsföretag som finns inom FÖP-området.

I Skåne väntas medelvattenföringen öka vintertid och minska sommartid. Prognoser visar att årsmedelvattenföringen kommer att öka något fram till år 2040, för att därefter minska med cirka 6 – 7% jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Högflöden väntas dock bli lägre eftersom ökad temperatur vintertid leder till minskad snösmältning vilket ofta är en bidragande faktor till högflöden i större vattendrag. I Nybroån väntas 100-årsflödet fram till år 2020 att öka med cirka 10% för att sedan minska med 10% till år 2100 jämfört med referensperioden 1963 – 1992 (SMHI, 2011). Idag är 100-årsflödet i Nybroån 46 m<sup>3</sup>/s.

I mindre system, till exempel dikningsföretag med små avrinningsområden, finns det risk för ökad vattenföring i samband med extrema nederbördshändelser. Detta beror på att små avrinningsområden har en snabbare responstid för flödesökningar vid kraftig nederbörd inom ett begränsat område.

### 3.5 Havsvattenstånd

Havsvattenstånd beskrivs ofta i termer av medel-, hög- och lågvattenstånd. Normalt varierar vattenståndet mellan  $\pm 0,5$  m i förhållande till medelvattenståndet.

Analyser av långa tidsserier av havsvattenstånd visar att havet stiger. En analys av data från 1886 fram till idag visar att havsnivåhöjningen har varit i storleksordningen 1,5 mm/år och att denna ökning har vuxit under perioden. Sedan omkring 1980 har havsnivåhöjningen varit ungefär 3 mm/år. (SMHI, 2009)

Medelvattenståndet beräknas av SMHI genom en statistisk analys av många års medelvärden. Det beräknade medelvattenståndet varierar något från år till år beroende på havets höjning och på landhöjningen som varierar regionalt. SMHI:s beräknade medelvattenstånd kan skilja sig något från medelvärden som beräknats utifrån uppmätta värden men ska över en längre period avspegla den verkliga trenden.

I Skåne är landhöjningen i stort sett obefintlig och historiskt har det troligtvis förekommit en marginell landsänkning. År 1990 var medelvattenståndet i Ystad 13 cm (RH 2000) och år 2011 var det 15 cm (RH 2000). Sedan slutet av 1800-talet har medelvattenståndet i Ystad ökat med ca 20 cm.

SMHI grundar sina beräkningar av framtida medelvattennivå på antagandet om en global medelökning av nivån i havet med 1 m från år 1990 till år 2100. För Ystads del beräknas medelvattenståndet att stiga med +91 cm jämfört med 2011 års nivå (SMHI, 2011). Medelvattenståndet väntas därmed ha stigit till +106 cm (RH 2000) år 2100.

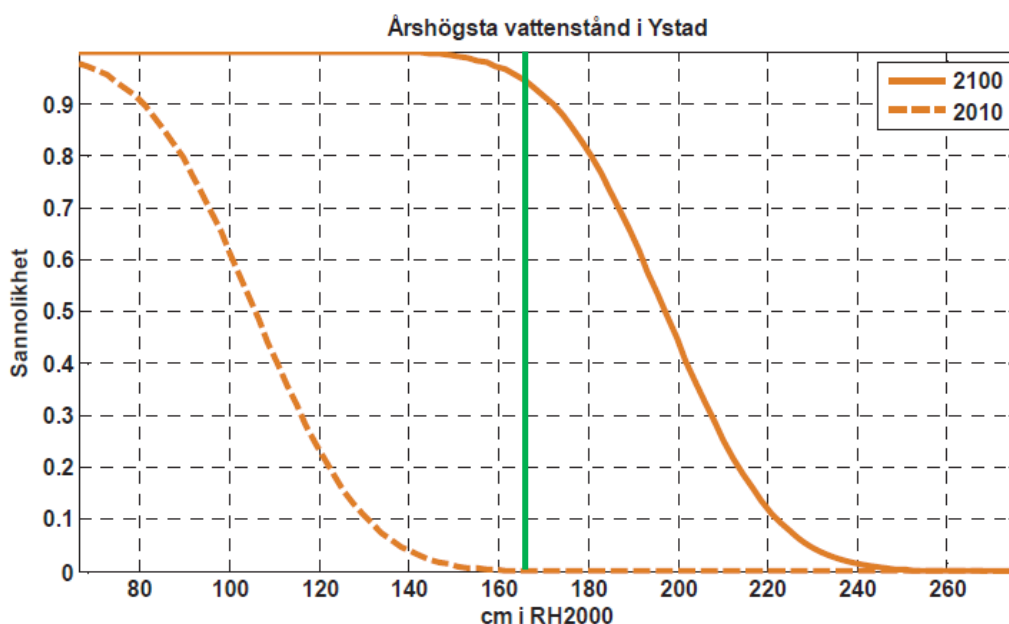
Högvatten kan liksom nederbörd beskrivas i termer av återkomsttid. Från Ystad finns en mätserie över havsvattenståndet som sträcker sig från 1886 till 1986. SMHI har, baserat på denna mätserie, gjort en frekvensanalys för att bestämma högvatten med 2, 10, 50 och 100 års återkomsttid (Tabell 3-2).

Högvatten uppstår ofta i samband med stormar. Det finns idag inte någon indikation på att stormar kommer att bli vanligare eller kraftigare i framtiden. SMHI förutsätter därför att högvattennivåerna kommer att öka i princip lika mycket som medelvattenståndet.

**Tabell 3-2** Högvattenstånd i Ystad (SMHI, 2011).

Återkomsttid	2	10	50	100
Högvatten <b>2011</b> (RH 2000) (95% konfidensintervall)	103 (99 – 107)	131 (125 – 140)	156 (144 – 177)	166 (152 – 195)
Högvatten <b>2100</b> (RH 2000) (95% konfidensintervall)	194 (191 – 198)	223 (216 – 231)	247 (236 – 268)	257 (243 – 286)

I Figur 3-3 visas sannolikheten för att nivåer av årshögsta vattenstånd år 2100 och år 2100 ska överstigas ett givet år, där således till exempel sannolikheten 0.5 motsvarar en återkomsttid på 2 år, 0.1 motsvarar en återkomsttid på 10 år, och så vidare. Ur figuren kan bland annat utläsas att nivån motsvarande ett 100-årshögvatten idag (166 cm, gröna linjen) förväntas överskridas oftare än 9 gånger på 10 år år 2100. Detta innebär förstås en dramatisk förändring.



**Figur 3-3** Sannolikhet för olika årshögsta vattenstånd år 2010 och år 2100. Figur från SMHI:s rapport Klimatanalys för Skåne län (2011).

### 3.6 Vågklimat och våguppspolning

Vågklimatet är beroende av vind, vattendjup och längden av den fria vattenyta över vilken vinden verkar (stryklängd). Det lokala vågklimatet påverkas även av hur kusten är orienterad gentemot den våggenererande vindriktningen och om det finns öar, rev eller andra grunda områden som kan reducera vågornas höjd.

Högsta vindhastigheter uppmäts normalt under perioden september till mars varför också vågorna är störst under denna period. Studier av medelvindhastighet samt geostrofiska vindhastigheter (vindhastigheter utan hänsyn tagen till friktionsdämpning) under perioden 1901 – 2008 visar på signifikant minskande trender. Befintliga mätdata tyder således på att det blåser mindre idag än vad det gjorde för 100 år sedan och att förekomsten av stormar har minskat. (SMHI, 2011)

I en studie av vind- och vattenståndsdata från 1983 – 2004 konstaterades att höga vågor och riktigt höga vattenstånd aldrig inträffade samtidigt. Det högsta vattenstånd med märkbara vågor (högsta våghöjd 0,8 m) uppmätte +100 cm. Den högsta beräknade våghöjden



i dataserien, 4,8 m, inträffade vid ett vattenstånd på +20 cm. Ovanstående värden motsvarar beräknade djupvattenvågor. (Dahlerus & Egermayer, 2005)

Våghöjden utanför Ystad har beräknats med vinddata från Trelleborg som kan anses vara representativ även för de vågor som når Ystad (SMHI, 2010). Vindstyrkorna representerar en 100-årsstorm och vågorna är beräknade för ihållande vindar. I beräkningarna antas att stormen blåser under så lång tid att stryklängden blir begränsande för de vågor som genereras. För att stryklängden och inte stormens varaktighet ska vara begränsande krävs det i det aktuella fallet att stormen pågår i cirka 4 timmar.

De vindriktningar som ger upphov till störst vågor är sydvästlig och sydostlig vindriktning. I Tabell 3-3 nedan anges vindhastigheter, stryklängder och djup som ligger till grund för vågberäkningarna.

**Tabell 3-3** Vindhastigheter, stryklängder och djup som ligger till grund för vågberäkningarna.

Vindriktning	Vindhastighet $U_{10}$ , m/s	Stryklängd (km)	Medeldjup (m)
SV	31,6	190	25
SO	28,0	190	35

Vågornas karakteristika beräknas enligt metoden för intermediärt och grunt vatten i *Shore Protection Manual* (US Army Corps of Engineers, 1984). Resultatet presenteras i Tabell 3-4 nedan. Varaktigheten beskriver hur lång tid som vinden behöver blåsa ihållande för att uppnå ett stryklängdsbegränsat förhållande.

**Tabell 3-4** Vågornas karakteristika.

Vindriktning	Vindhastighet $U_{10}$ , m/s	Signifikant våghöjd $H_s$ (m)	Signifikant vågperiod $T_s$ (s)	Varaktighet $t$ (h)
SV	31,6	6,7	10,3	3,4
SO	28,0	7,2	10,3	4,2

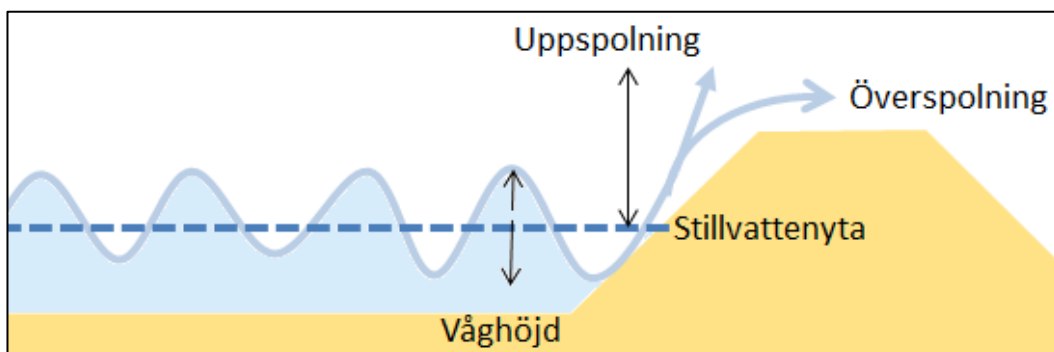
På grunda vatten begränsas våghöjden av det djup där vågen bryter. En tumregel för förhållandet mellan vågens höjd och djupet på vilket den bryter är (U.S. Army Corps of Engineers, 1984):

$$\left(\frac{H}{d}\right)_{max} = 0,78$$

där  $H$  är våghöjd (m) och  $d$  är vattendjup (m). Förhållandet ger att vid ett vattendjup på 1 m kan en våg teoretiskt sett inte bli högre än cirka 0,78 m.

Eftersom vindstyrkorna inte väntas öka i framtiden kommer våghöjden främst att påverkas av förändrade kustnära bottenförhållanden. Strandlinjeprofilen kan bli djupare om den strandnära zonen eroderar, vilket kan leda till större kustnära vågor och ökad erosion.

Vågor kan orsaka översvämningar när de spolas upp på land. I Figur 3-4 illustreras begrepp som förknippas med uppspolning eller våguppsköljning som det också kallas. Om uppspolningsnivån är högre än en skyddande sanddyn eller vall kommer vågorna att skölja över och orsaka översvämning bakom strukturen. Detta kallas överspolning eller översköljning och anges normalt som ett flöde.



**Figur 3-4** Förklarande bild av begreppen stillvattenyta, våghöjd, uppspolning och överspolning.

Högsta uppspolningsnivåer inträffar då högt vattenstånd och höga vågor uppträder samtidigt. Detta är vanligt på den skånska västkusten men längs sydkusten är det däremot sällsynt att högvatten och höga vågor sker samtidigt. Detta beror på att högvatten ofta inträffar vid nordliga vindar och att stora vågor som når Ystad endast generas vid vindriktningar från sydväst till sydost.

Beräkningar visar att våghöjden har större påverkan på uppspolningsnivån än vattenståndet så risken för översvämningar är störst när kusten exponeras för stora vågor (Dahlerus & Egermayer, 2005).

För stränderna i västra sandskogen har en frekvensanalys av uppspolningshöjden gjorts baserat på värden som beräknats med Hunts formel (Hunt, 1959). Beräkningarna har baserats på vind- och vattenståndsdata från 1983 – 2004. För scenariot år 2100 räknades med en vattenståndshöjning på +85 cm. Detta är 5 cm lägre än SMHI:s prognos vilket i sammanhanget anses försumbart. Resultatet för uppspolning vid ett 100-årshögvatten idag och år 2100 presenteras i Tabell 3-5.

**Tabell 3-5** Uppspolningsnivåer beräknade av Dahlerus & Egermayer (2005) för Ystad sandskog med 100 års återkomsttid.

#### Uppspolningsnivå med 100 års återkomsttid (RH 2000)

<b>Idag</b>	+5,0 m
<b>År 2100</b>	+6,3 m

Uppspolningsnivån beror bland annat på strandplanets lutning, den strandnära bottenlutningen, inkommande vågors riktning och markens friktion. Hunts formel tar endast

hänsyn till strandzonens lutning och bortser från andra dämpande effekter, vilket kan leda till en överskattning av uppspolningsnivån.

För att få en bättre uppskattning av uppspolningsnivåer krävs detaljerade lokala studier. Uppspolningen är platsspecifik och har stor lokal variation vid komplexa kustlinjer likt Ystads. Vid exploatering eller dimensionering av kustskydd rekommenderas alltid noggranna, platsspecifika uppspolningsberäkningar eller modellering.

#### 4 Klimatförändringens påverkan

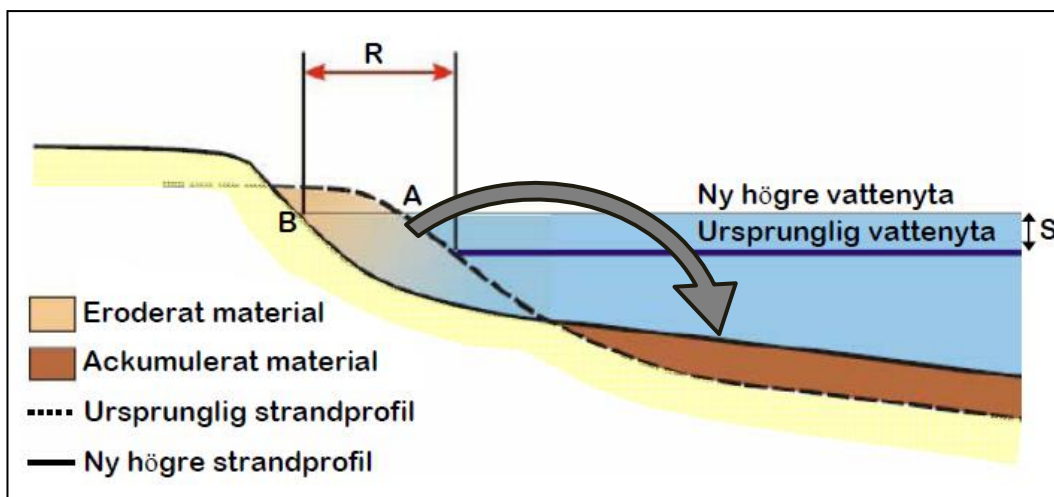
Bedömningen av klimatförändringens påverkan inom FÖP-området görs med utgångspunkt av de scenarier som beskrivs i föregående kapitel. I beskrivningen av påverkan förutsätts att inga åtgärder vidtas.

##### 4.1 Stranderosion orsakad av stigande medelhavsnivå

En sandstrand försöker stå i balans med de fysikaliska processer som verkar på stranden och när medelvattenytan stiger måste stranden anpassa sig. Anpassningen sker genom att strandlinjen förflyttas uppåt i takt med medelvattenytan men samtidigt bakåt, inåt land. Strandens förflyttning bakåt blir betydligt större än vad direkt orsakas av vattennivåhöjningen. Denna kan beräknas med Bruuns lag där strandlinjens förskjutning, R, beräknas som en funktion av en höjning av medelvattenytan, S (Bruun, 1988):

$$R = \frac{S}{\text{bottenlutning}}$$

Principen för Bruuns lag illustreras i Figur 4-1.



**Figur 4-1** *Principen för Bruuns lag. En vattenståndshöjning, S, resulterar inte bara i att strandlinjen förskjuts till punkten A, utan på grund av omförflyttningen av sand från strandplanet till den yttre delen av strandprofilen drar sig strandlinjen ända tillbaka till punkt B. Bild: Hans Hanson*

Inom FÖP-området kommer strandlinjen att dra sig tillbaka längs de kustavsnitt som har sandstrand. Stenskoningar, kajer eller andra hårda konstruktioner förhindrar kustlinjens tillbakadragning. I Tabell 4-1 redovisas den beräknade tillbakadragningen av kommunens sandstränder till följd av medelvattenståndshöjningen fram till år 2100. Bottenlutningen vid strandavsnitt A, B och D har uppskattats utifrån sjökort. Bottenlutningen vid strandavsnitt G och H har uppskattats utifrån fältmätningar som genomförts under år 2013. Observera att beräkningarna endast grundar sig på Bruuns lag och inte tar hänsyn till erosion eller ackumulation av annan orsak inom områdena.

**Tabell 4-1** Strandlinjens beräknade tillbakadragning vid en medelvattenståndsökning med +0,9 m.

Strandavsnitt	Bottenlutning	Tillbakadragning vid ökning av medelvattenytan med +0,9 m
A – Väster om reningsverket	0,015 m/m	60 m
B – Öster om reningsverket	0,015 m/m	60 m
D – Väster om marinan	0,015 m/m	60 m
G – Ystad sandskog väster	0,025 m/m	36 m
H – Ystad sandskog öster	0,025 m/m	36 m

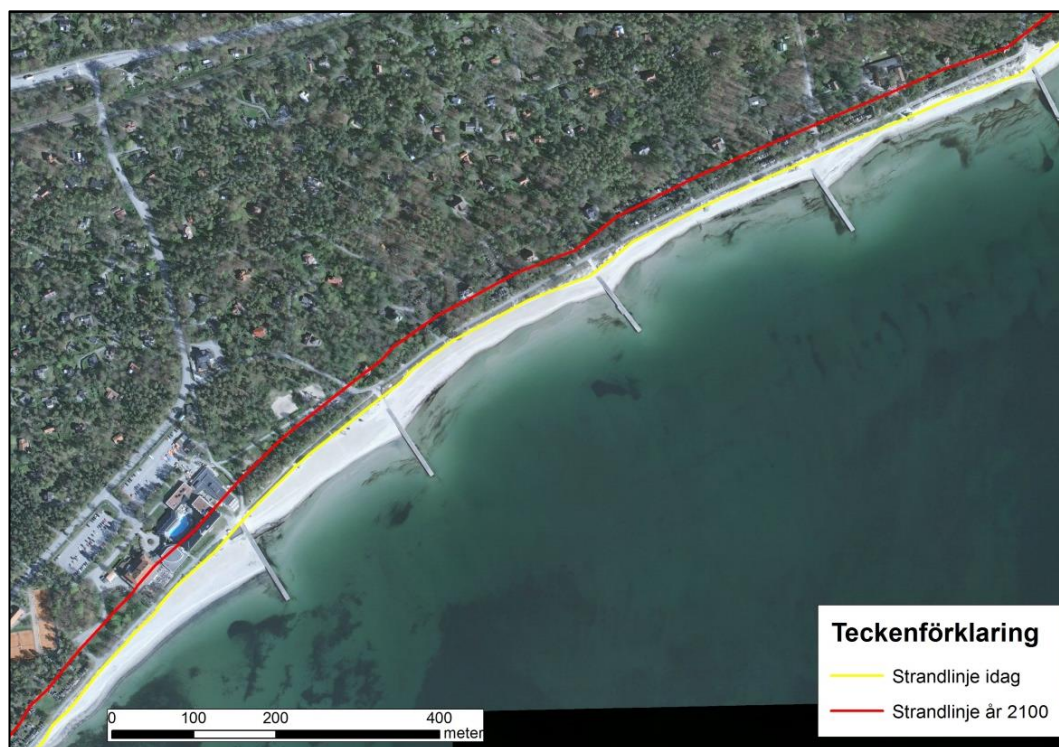
I Figur 4-2 till Figur 4-5 visas strandlinjeförflyttningen fram till år 2100 enligt Bruuns lag. Det är viktigt att poängtera att de strandlinjeförflyttningar som markerats i figurerna nedan endast tar hänsyn till den förväntade stigningen av medelvattennivån i havet under förutsättning att inga åtgärder för att motverka erosionen vidtas. Effekten av övriga möjliga orsaker till erosion, till exempel obalans i sedimenttransporten i områdena, är inte inkluderad i de beräkningar som ligger till grund för presenterade strandlinjeförflyttningar.



**Figur 4-2** Strandlinjeförflyttning fram till år 2100 enligt Bruuns lag vid strandavsnitt A – Väster om reningsverket.



**Figur 4-3** Strandlinjeförflyttning fram till år 2100 enligt Bruuns lag vid strandavsnitt B – Öster om reningsverket och strandavsnitt D – Väster om marinan.



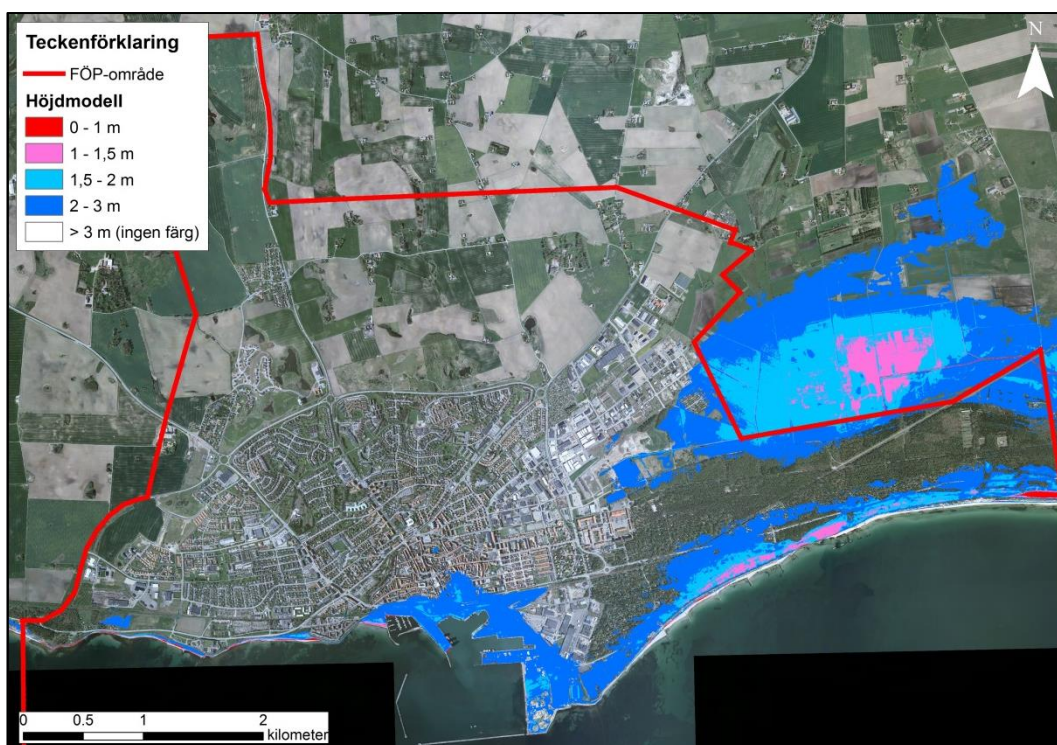
**Figur 4-4** Strandlinjeförflyttning fram till år 2100 enligt Bruuns lag vid strandavsnitt G – Ystad sandskog väster.



**Figur 4-5** Strandlinjeförflyttning fram till år 2100 enligt Bruuns lag vid strandavsnitt H – Ystad sandskog öster.

## 4.2 Översvämningsrisk

Översvämningsrisken längs kommunens kuststräcka har analyserats med kommunens höjdmodell. I Figur 4-6 visas dagens topografi inom planområdet. De markerade områdena representerar markområden inom intervallen 0-1 m, 1-1,5 m, 1,5-2 m samt 2-3 m.



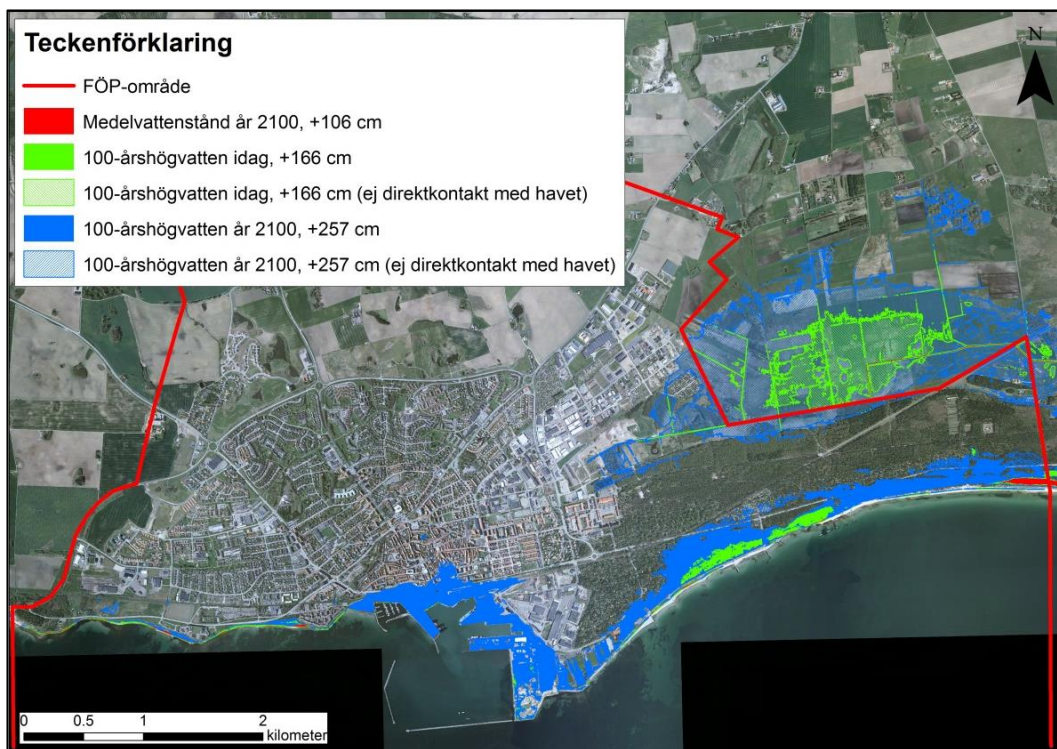
**Figur 4-6** Dagens topografi inom planområdet.

I Figur 4-7 visas områden som riskerar att översvämmas vid medelvattenstånd år 2100 samt vid 100-årshögvattnet idag och år 2100. De streckade områdena står inte direkt för-

bindelse med havet och kommer troligtvis inte att hinna översvämmas vid ett kortvarigt högvatten. Denna fördröjning kan simuleras genom att applicera en hydrodynamisk modell för det aktuella området (se vidare nedan).

När det gäller analysen av översvämningar vid vattenstånd som väntas inträffa år 2100 råder det stora osäkerheter, dels kring prognosen för vattenståndsökningen och dels för hur markanvändningen och marknivåerna kan komma att förändras fram till år 2100. I analysen (Figur 4-7) tas inte hänsyn till de erosionseffekter som en höjning av medelvattenståndet väntas leda till, som beskrivits i föregående kapitel (kapitel 4.1). Det tas ej heller hänsyn till eventuella översvämningsskydd som sannolikt kommer att anläggas fram tills dess.

Nedanstående kartor kan därmed anses illustrera effekterna av en händelse som förväntas kunna inträffa år 2100, om den skulle inträffa idag. Genom att visa vilka områden som riskerar att översvämmas enligt dessa förutsättningar möjliggörs en samhällsplanering som i framtiden kan komma att mildra effekten av extrema högvattenstånd.



**Figur 4-7** Områden som riskerar att översvämmas vid medelvattenstånd år 2100 samt vid 100-årshögvatten idag och år 2100.

I Figur 4-8 och Figur 4-9 visas byggnader som riskerar att översvämmas vid ett 100-års högvatten år 2100 från reningsverket i väster till hamnen i öster.



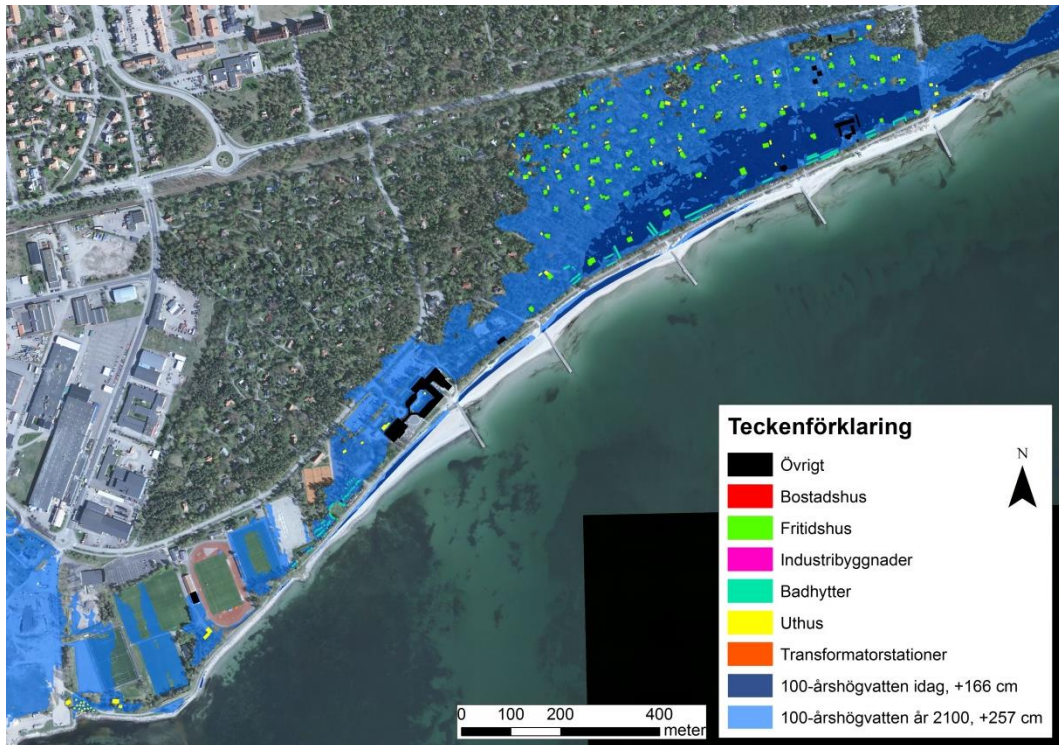
**Figur 4-8** Byggnader som riskerar att översvämmas vid ett 100-årshögvatten år 2100 på kuststräckan mellan reningsverket och gjuteriområdet.



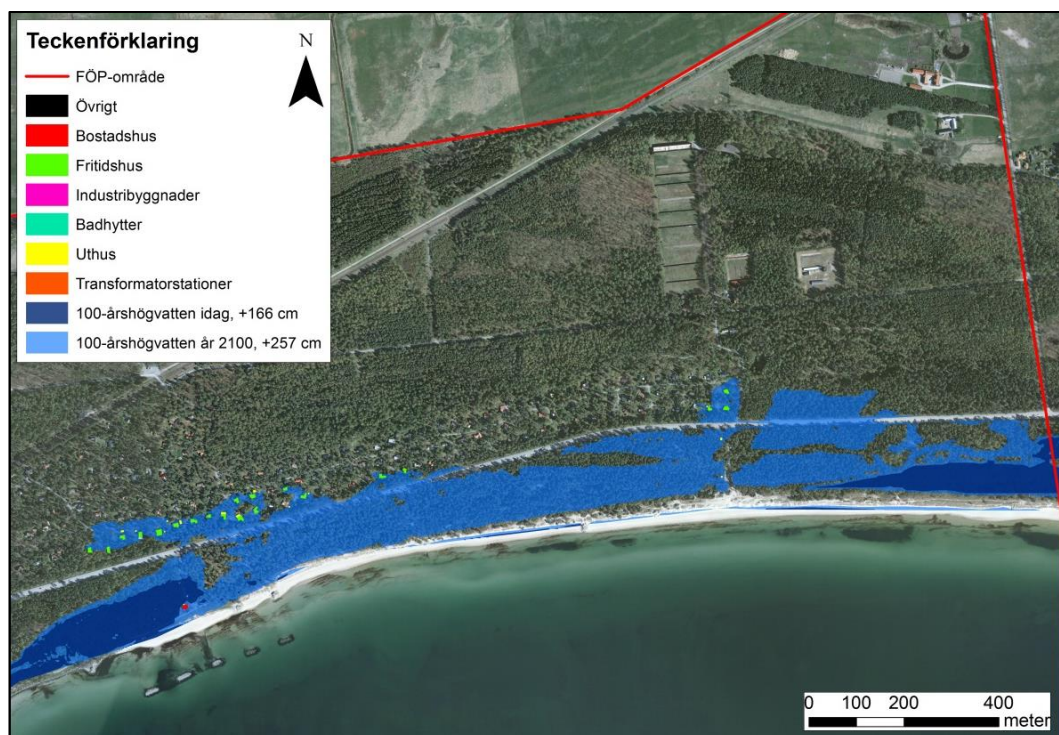


**Figur 4-9** Byggnader som riskerar att översvämmas vid ett 100-årshögvatten år 2100 i Ystad hamn och marina.

I Figur 4-10 och Figur 4-11 visas byggnader som riskerar att översvämmas i västra respektive östra delen av Ystad sandskog. I figurerna visas både 100-års högvatten idag och 100-årshögvatten år 2100 eftersom marken ligger lägre inom dessa områden.



**Figur 4-10** Byggnader som riskerar att översvämmas vid ett 100-årshögsvatten idag respektive vid ett 100-årshögsvatten år 2100 i den västra delen av Ystad sandskog.



**Figur 4-11** Byggnader som riskerar att översvämmas vid ett 100-årshögvatten idag respektive vid ett 100-årshögvatten år 2100 i den östra delen av Ystad sandskog.

En mer korrekt bedömning av översvämningsrisken i dessa områden kan bestämmas med hydraulisk modellering av högvattensscenarierna. Sådan modellering har inte genomförts inom ramen för föreliggande uppdrag.

En fördel med en hydrodynamisk översvämningsmodell jämfört med en GIS-analys är att den hydrodynamiska modellen tar hänsyn till tidsaspekten och beräknar hur stor mängd vatten som hinner flöda in på det översvämmade området under ett högvattentillfälle. Begränsningar av flödet vid trånga sektioner är viktigt att ta med eftersom de relativt korta perioder som högvatten i havet generellt förekommer kan medföra att översvämningsutbredning begränsas.

En hydrodynamisk modell har även fördelen att mer information kan utläsas från modellen jämfört med från en GIS-analys, till exempel kan modellen beräkna strömningshastighet och strömningens riktning. Det är viktiga parametrar för att analysera hur allvarlig översvämningsrisken är och om den medför risk för personskador.

Metoden som använts tar ej heller hänsyn till översvämningsorsakats av vågupp-spolning. Om kusten exponeras för höga vågor kan dessa skölja upp till en högre nivå än ett 100-årshögvatten. Uppspolningsnivå med 100-års återkomsttid har för Ystad sandskog beräknats till +5 m idag och +6,3 m år 2100 (Dahlerus & Egermayer, 2005) (se kapitel 3.6).

---

Våguppspolningsnivån gäller precis vid strandlinjen, när vågorna träffar land minskar kraften vilket gör att områden inåt land inte påverkas i samma omfattning. Våguppspolning kan dock leda till att vatten sköljer över strandvallar och sanddyner så att lägre belägna områden bakom stranden översvämmas.

Till skillnad från högvattennivån, är uppspolningsnivån inom FÖP-området starkt beroende av lokala förhållanden. Vid dimensionering av kustskydd och mer detaljerade riskanalyser krävs därför noggranna beräkningar eller modellering.

De kustavsnitt inom FÖP-området som är mest exponerade är stränderna väster om gjuteriområdet och i västra delen av Ystad sandskog. Innanför pirarmarna till Ystads hamn dämpas vågklimatet och risken för översvämning till följd av våguppspolning är därför mindre. I FÖP-områdets västra delar är lutningen ner mot kusten betydligt brantare än i de östra delarna. I väster bedöms risken för översvämning orsakade av våguppspolning därför som liten. I öster finns däremot risk för att våguppspolningen kan leda till översvämningar vid lägre vattenstånd är 100-årshögvatten eftersom vågorna kan skölja över eller bryta igenom stenskoningar och sanddyner och översvämma lägre liggande områden innanför stranden.

### 4.3 Grundvattennivåer

De förändringar i grundvattenförhållandena som orsakas av klimatförändringar och som bedöms påverka FÖP-området är ändrad grundvattennivå till följd av förändrad temperatur och förändrat nederbördsmonster, ändrad grundvattenregim samt grundvattenförändringar kopplade till höjd havsnivå.

Utöver detta kan klimatförändringen på flera sätt påverka grundvattenkvaliteten vilket indirekt kan komma att påverka FÖP-området genom dess vattenförsörjning. Detta behandlas dock inte i denna rapport.

#### **Generella grundvattenförändringar**

Då grundvattennivån generellt bedöms förändras i liten omfattning (se kapitel 3.3) bedöms nivåförändringen vara av mindre betydelse för FÖP-området jämfört med andra grundvattenrelaterade händelser.

#### **Grundvattenregim**

Om avsänkningen av grundvattennivån under sommarhalvåret ökar så sammanfaller detta med den period då grundvattentillgången redan idag är lägst. Detta kan orsaka problem med den enskilda vattenförsörjningen och framförallt drabba mindre grundvattenmagasin som används för enskild vattenförsörjning från grävda brunnar.

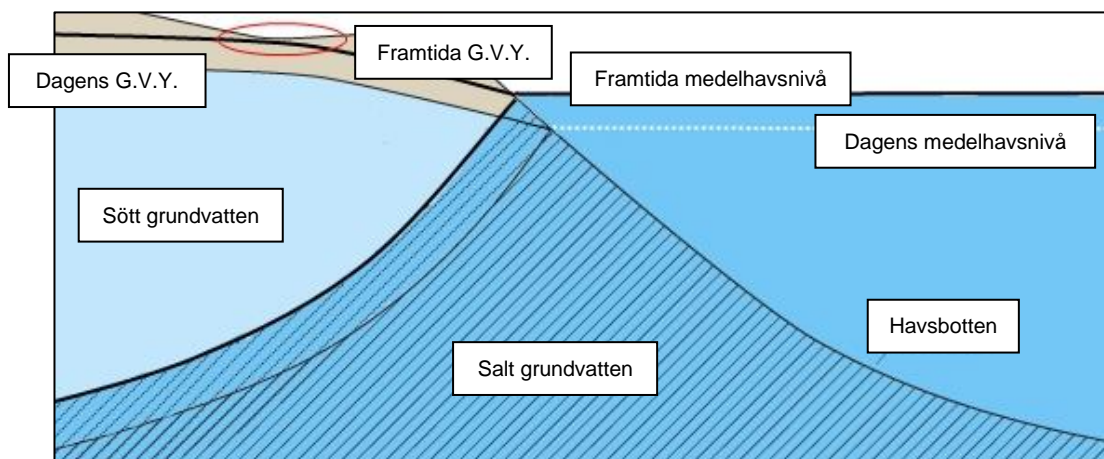
#### **Grundvattenförändringar kopplade till höjd havsnivå**

Om medelvattennivån i havet stiger kommer grundvattenytan också att röra sig uppåt tills en ny balans har återställts mellan havets och grundvattnets nivå. I låglänta områden nära kusten kan stigningen av grundvattennivån medföra att markzonen mättas, eller till och med läggs under vatten. Mättade och/eller dränkta förhållanden medför en förändrad

livsmiljö i naturområden och kan medföra skador på byggnader, vägar och annan infrastruktur.

I kustområdena kommer havsnivåhöjningen även att påverka grundvattnet genom att risken för saltvatteninträngning i enskilda brunnar ökar (SGU, 2010).

Båda ovan beskriva händelser illustreras i Figur 4-12.



**Figur 4-12** *Illustration av hur havsmedelnivån påverkar grundvattennivån samt gränsen mellan salt och sött vatten. Den röda elipsen visar hur sötvattenslinjen har stigit så pass mycket att grundvattnet har nått upp till markytan. G.V.Y.=grundvattenyta.*

#### 4.4 Dagvatten och diktningföretag

Möjligheten till att omhänderta dagvatten inom FÖP-området påverkas både av ökad extrem nederbörd och av höjd havsnivå. När havsnivån stiger förskjuts trycklinjen till utloppet i havet så att systemet blir trögare och kapaciteten minskar. Om invallningar och upphöjning av markytor byggs för att skydda låglänta områden från översvämning ifrån omgivningen kan det leda till att vatten istället stängs inne.

Befintliga dagvattensystem är dimensionerade efter rådande förhållanden då de byggdes, för att dämna upp till marknivå vid regn med 10 års återkomsttid. Den dimensionerande nederbörden kommer därmed att överskridas oftare i framtiden, vilket ökar risken för översvämningar.

De diktningföretag som går genom tätorten kan förväntas belastas med större flöden vid ökad extrem nederbörd eftersom deras avrinningsområden är relativt små och delvis består av hårdgjorda ytor.

Statusen på diktningföretagens ledningar och de kommunala spill- och dagvattenledningarna påverkar risken för översvämningar. Om det sker läckage mellan spill- och dagvattenledningarna eller om avloppsvattnet tas omhand i kombinerade system kan risken för källaröversvämningar komma att öka.

---

#### 4.5 Badvattenkvalitet

Badvattenkvaliteten kan påverkas av klimatförändringen på flera sätt. En höjning av vattentemperaturen medför ökad risk för algbloomning och tillväxt av bakterier. Ökad frekvens och intensitet av skyfall leder till att mer föroreningar sköljs ut i havet och att risken för bräddning på avloppsnätet ökar.

## 5 Förslag till strategi

Klimatförändringens påverkan fram till år 2100 visar på ett stort behov av åtgärder för att förhindra översvämning av bebyggda områden inom FÖP-området. Skulle ett 100-års-högvatten inträffa år 2100, utan att några skyddsåtgärder har vidtagits kommer översvämningar att orsaka stora materiella skador och störningar av viktiga samhällsfunktioner. Vid planering av skyddsåtgärder för ett samhälle år 2100 är det viktigt att åtgärderna är flexibla.

Strandnära boende är attraktivt, vilket skapar stor efterfrågan och höga priser på havsnära mark. Därför är det lockande för kommuner att exploatera kustområden som genom klimatförändringen kan komma att drabbas av ökad översvännings- och erosionsrisk.

Vid planering bör hänsyn tas till lokala erosionsförhållanden. Om strandlinjen flyttas bakåt över tid behövs en buffertzona mellan havet och bebyggelsen så att det finns tid och utrymme för anpassning och planering. Vid exploatering av nya områden finns möjlighet till att lära av gamla misstag så att bebyggelsen placeras på marknivåer och avstånd från stranden som är hållbara ur ett långsiktigt perspektiv.

En stor del av de erosionsproblem vi ser idag har uppstått till följd av strandnära exploatering. Stränder är dynamiska system som naturligt förflyttas, vilket inte nödvändigtvis beror på långsiktig erosion. Om bebyggelse tillåts för nära stranden finns risk för att fastighetsägare vidtar kortsiktiga erosionskyddsåtgärder som leder till att erosionsproblemet förvärras för närliggande fastigheter. När strandlinjen rör sig upp mot bebyggelsen kläms värdefulla natur- och rekreationsområden som ofta finns mellan havet och bebyggelsen (så kallad *coastal squeeze*).

Vid planering av strandnära bebyggelse bör en buffertzona bevaras mellan bebyggelsen och havet. Om det finns en bred oexploaterad zon mellan strand och bebyggelse tillåts strand- och vegetationslinjen att flyttas fram och tillbaka. Det finns då även utrymme för att vidta åtgärder mot långsiktig erosion.

Den oexploaterade zonen bör sträcka sig längre än strandskyddet, en tumregel kan vara att strandskyddet ska finnas kvar med samma omfattning om 100 år. Alltså bör bebyggelse inte planeras närmre strandlinjen än strandskyddssträckan plus den bedömda erosionssträckan inom 100 år. I områden som redan exploaterats och där kommunen avser att skydda kuststräckan och befästa kustlinjen kan exploatering tillåtas närmre strandlinjen.

Det är många faktorer som påverkar vilken nivå som är lämplig för grundläggning vid nybyggnation. Dels behöver hänsyn tas till stranderosion och översvämning i samband med högvatten och stormar och dels till lokala yt- och grundvattenförhållanden. Det är även viktigt att se vilka befintliga och planerade skydd mot översvämning som finns i området samt om det finns befintlig bebyggelse och vilken nivå denna ligger på.

Det är därför opraktiskt att bestämma sig för en fast lägsta grundläggningsnivå inom en kommun. Bedömning bör istället göras från fall till fall, inom olika områden. I Ystad

---

kommun rekommenderas att grundläggningsnivån studeras närmre och utreds i områden som:

- är belägna under +5 m,
- ligger inom ett område som identifierats som en lågpunkt i terrängen,
- ligger inom ett område som riskerar att erodera bort till följd av havsnivåhöjningen och med hänsyn till nuvarande erosionsförhållanden, eller
- ligger inom ett område med höga grundvattennivåer.

Vid exploatering av nya områden framför den befintliga bebyggelsen kan grundläggningsnivån i sig fungera som översvämningsskydd för bakomliggande områden.

Vid all fysisk planering bör hänsyn tas till vattnets naturliga väg genom landskapet. Avledning av dagvatten i öppna system och styrning av avrinningen genom höjdsättning kan ersätta eller komplettera traditionella ledningssystem under mark. Man bör alltid utreda vad som händer vid extrema nederbördstillfällen då dimensionerande förutsättningar överskrids. Bostadsområden, vägar och parker bör utformas så att ytligt avrinnande vatten leds ut mot havet eller till ytor där skadorna av en översvämning minimeras. Avrinningsområden, flödesvägar och lågpunkter som identifierats i kapitel 2.4 kan vara vägledande.



## 6 Åtgärdsförslag

Åtgärder för klimatanpassning ska vara effektiva, funktionella och smälta in i landskapsmiljön. Optimalt är om klimatanpassningen kan utföras så att den tillför ett värde för tätorten och inte enbart ses som en kostnad. Kustområden och stränder erbjuder många ekosystemtjänster som bör tillvaratas.

### 6.1 Kustskydd

För att möjliggöra en förtätning av Ystads tätort och samtidigt uppnå ett kostnadseffektivt översvämningsskydd föreslås en proaktiv strategi där Ystad flyttar ut mot havet istället för att valla in sig. Det finns flera fördelar med denna strategi. Till exempel kan kommunen genom att anlägga översvämningsskydd i samband med exploatering låta exploatören bekosta översvämningsskyddet.

Förslaget harmonierar med Ystads strategi att möta havet och innebär att fler bostäder kan tillskapas i attraktiva vattennära lägen. Det är viktigt att höjdsättningen för dessa områden noga planeras för att undvika problem med översvämning även efter år 2100 samt att byggnaderna konstrueras, såväl med avseende på utformning som på materialval, för att tåla viss översvämning.

I områden med naturliga stränder anammats samma strategi. Det bedöms inte som rimligt att låta kuststräckan inom FÖP-området backa vid höjda havsnivåer. Istället föreslås åtgärder som ökar strändernas attraktivitet samtidigt som bakomliggande bebyggelse och infrastruktur skyddas mot erosion och översvämningar. I dessa områden rekommenderas strandfodring och uppbyggnad av sanddyner, vilket redan tillämpas i Ystad sandskog.

Inom övriga områden kan marknivåerna lokalt höjas till nivåer som skyddar mot framtida extremhändelser. Detta kan innebära upphöjning av vägar och gångstråk, anläggning av murar/vallar, med mera.

Åtgärderna kan med fördel utföras i etapper, till exempel kan gator vid omasfaltering successivt höjas med några centimetrar så att de slutligen når den nivå som krävs till år 2100. Vid höjning av gator är det viktigt att ta hänsyn till anslutningar som påverkas av upphöjningen samt hållfasthetsfrågor för vägbankar som kan komma att utsättas för vatten och vågverkan.

I Figur 6-1 till Figur 6-4 visas exempel på hur de olika typerna av åtgärder gestaltats på andra platser.



**Figur 6-1** *Upphöjd bebyggelse som skydd mot översvämningar i Doesburg, Nederländerna. Bakom de byggnader man ser på fotografiet är lägre bebyggelse belägen.*



**Figur 6-2** *Upphöjd strandpromenad Nora Strand, Danderyd.*



**Figur 6-3** Gräsbevuxen jordvall, Jyllands västkust.



**Figur 6-4** Konstgjorda sanddyner med gabionkärna och planterad strandrågför att binda sanden, Ängelholm.

---

Förslagen till kustskydd görs ur ett 100-årsperspektiv. Detta för att kommunens planering ska möjliggöra en långsiktig exploatering och att det också i framtiden ska finnas fysiskt utrymme för att uppföra kustskydd. När kustskydden behöver genomföras i tid beror på risken för översvämning i området och hur denna påverkas av stigande havsnivåer. Åtgärderna klassificeras efter vad som behöver genomföras på kort, medellång och lång sikt. Tidsintervallen definieras i Tabell 6-1.

**Tabell 6-1**      *Definition av tidsintervall för kustskyddsåtgärder.*

<b>Kort sikt</b>	Börja utreda nu
<b>Medellång sikt</b>	2025 – 2050
<b>Lång sikt</b>	2050 – 2100

Det är i dagsläget svårt att få detaljplaner godkända av Länsstyrelsen i Skåne län ifall färdigt golv inte är beläget över +3 m eller om det finns ett fullgott översvämningsskydd mot 100-årshögvatten år 2100. Därför kan vissa av de föreslagna åtgärderna behöva implementeras tidigare än vad som egentligen är nödvändigt för att möjliggöra en utveckling av Ystads tätort. För att underlätta samhällsplaneringen kan det därför vara strategiskt att i vissa områden redan idag skydda sig mot framtida högvattenstånd även om det i full skala inte är nödvändigt förrän om 90 år.

Åtgärdsförslagen som presenteras kan betraktas som översiktliga, principiella förslag och för vissa delkuststräckor ges olika alternativ. Innan kommunen beslutar sig för att genomföra någon av åtgärderna bör en utredning genomföras som belyser vilket underlag som finns och vilka kompletterande utredningar som behövs. Baserat på en riskanalys behöver man ta ställning till vilken typ av händelse och för vilken återkomsttid som skydden ska dimensioneras. Analysen bör även omfatta en samhällsekonomisk kostnadsnyttoanalys.

## **A – Väster om reningsverket**

### *Kort sikt*

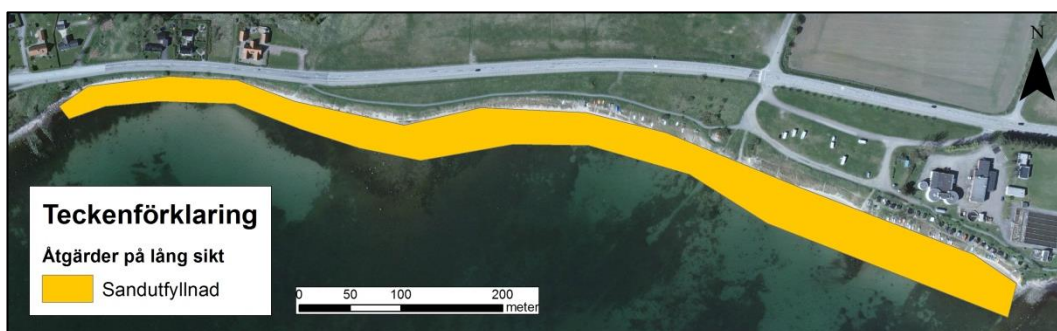
På stranden längst i väster föreslås stenskonung eller annat släntskydd för att skydda väg 9 mot erosion. För att behålla stranden och undvika negativa erosionseffekter av åtgärden bör den kombineras med sandutfyllnad framför stenskonungen (Figur 6-5).



**Figur 6-5** Åtgärder på kort sikt inom delsträcka A – Väster om reningsverket.

*Lång sikt*

På lång sikt kommer ytterligare åtgärder att krävas för att skydda väg 9 och bevara områdets natur- och rekreationsvärden, eventuellt strandfodring (Figur 6-6).



**Figur 6-6** Åtgärder på lång sikt inom delsträcka A – Väster om reningsverket.

**B – Öster om reningsverket**

*Lång sikt*

Stranden ligger nära centrum och har potential att utvecklas till en stadsnära badplats. Idag finns erosionsskydd på stora delar av sträckan, dessa kommer i framtiden att behöva utökas för att skydda den bakomliggande slänten. Om kommunen vill bevara och utveckla strandens rekreationsvärden rekommenderas strandfodring istället för hårda skydd (Figur 6-7).



**Figur 6-7** Åtgärder på lång sikt inom delsträcka B – Öster om reningsverket.

## C – Gjuteriområdet

### Lång sikt

För att skydda området mot översvämningar vid stigande havsnivåer kan stenskoningen och den bakomliggande jordvallen behöva höjas upp.

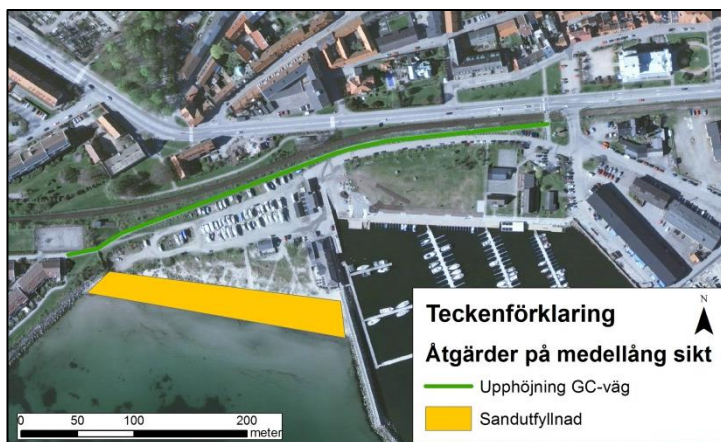


**Figur 6-8** Åtgärder på lång sikt inom delsträcka C – Gjuteriområdet.

## D – Väster om marinan

### Medellång sikt

Stranden har stor potential och ett strategiskt läge med närhet till centrum och marinan. Om kommunen vill bevara och utveckla stranden rekommenderas strandfodring som erosionsskydd. Badvattenkvaliteten behöver förbättras, vilket kan göras genom åtgärder på kommunens brädd- och dagvattenutlopp samt genom tångrensning. Kommunen bör då även se över möjligheten till att omlokalisera båtuppställningsplatsen. För att skydda den bakomliggande järnvägen mot översvämning rekommenderas invallning genom att gång- och cykelvägen mellan havet och järnvägen höjs upp (Figur 6-9). Åtgärden kan kombineras med upphöjda konstruerade sanddyner. Alternativt kan järnvägen skyddas med en vegeterad jordvall.



**Figur 6-9** Åtgärder på medellång sikt inom delsträcka D – Väster om marinan.

## E – Hamnen och marinan

### Medellång sikt

Hamnen och centrum föreslås skyddas mot översvämning i samband med exploatering av hamnområdet (Figur 6-10). Den yttre raden med bebyggelse förläggs på mark som höjs upp för att skydda bakomliggande bebyggelse. Bebyggelsen bör höjas upp till +3,5 m för att klara ett 100-årshögvatten år 2100 med hänsyn till de vågor som kan bildas inne i hamnen och en säkerhetsmarginal. Husen bör även utformas för att tåla viss översvämning.

Upphöjning av marknivån i områden avsedda för bostäder görs i samband med exploatering. I den delen av hamnen som fortsatt kommer att ha hamnverksamhet höjs kajerna upp allteftersom för att anpassas till de tekniska förutsättningarna. Åtgärder kan eventuellt göras i samband med renovering eller nyanläggning av kajer.

Dagvatten från de lägre belägna områdena i centrum kommer troligtvis att behöva pumpas.



**Figur 6-10** Åtgärder på medellång sikt inom delsträcka E – Hamnen och marinan.

## **F – Öster om hamnen**

### *Lång sikt*

Den befintliga stenskoningen bör kontrolleras och underhållas regelbundet. För att anpassas till stigande havsnivåer kan den behöva höjas upp (Figur 6-11). Eventuellt kan området bakom tåla viss översvämning.





**Figur 6-11** Åtgärder på lång sikt inom delsträcka F – Öster om hamnen.

## **G – Ystad sandskog väster**

### *Kort sikt*

Området är erosionsutsatt och det är stor risk för skador på bebyggelse och infrastruktur redan med dagens förhållanden. Kommunen bör fortsätta att strandfodra som erosions-skydd. Ett brett strandplan ger även ett ökat skydd mot översvämningar.

För att skydda bakomliggande bebyggelse bör sandklitternas och strandpromenadens nivå och motståndskraft utredas längs hela sträckan. Eventuellt krävs åtgärder redan idag för att minska översvämningsrisken. Strandpromenaden och klitterna bör successivt höjas upp för att anpassas till stigande havsnivåer.



**Figur 6-12** Åtgärder på kort sikt inom delsträcka G – Ystad sandskog väster.

## H – Ystad sandskog öster

### Lång sikt

På lång sikt behöver väg 9 skyddas, antingen med en vall eller genom upphöjning av vägbanan (Figur 6-13). Då skyddas även bebyggelsen norr om väg 9.



**Figur 6-13** Åtgärder på lång sikt inom delsträcka H – Ystad sandskog öster.

## 6.2 Dagvatten

Kommunens dagvattenhantering behöver anpassas för att klara av extrema händelser år 2100. När områden vallas in för att stänga ute höga havsnivåer kommer vissa dagvattenutlopp att behöva förses med backventiler för att förhindra översvämning orsakad av att vatten tränger in i dagvattensystemet. Det är även troligt att dagvatten i vissa fall kommer att behöva pumpas från lågt belägna områden.

När den extrema nederbörden ökar kommer flödet i dikningsföretagen som går igenom staden också att öka. För att minska översvämningsrisken kan vatten från omgivande

åkermark antingen fördröjas uppströms staden på låglänt åkermark eller ledas om så att det inte passerar genom tätorten.

Dagvattensystemet och diktningföretagen har inte studerats i detalj inom ramen för denna utredning. En strategi för hur dagvattensystemet ska anpassas till ett framtida klimat bör tas fram. Detta kan förslagsvis göras inom ramen för kommunens vattenplan.

Som underlag till en strategi och åtgärdsplan behöver havsnivåhöjningens påverkan på dagvattensystemets kapacitet utredas mer i detalj. Detta kan göras genom modellering av ledningsnätet. Det är sannolikt att dagvatten från vissa områden kommer att behöva pumpas vid höga vattennivåer i havet. Behov kan finnas redan med dagens förhållande.

Modelleringen bör omfatta en översyn av ledningsnätet och att känsliga punkter identifieras, till exempel överkopplingar mellan spill- och dagvattensystem.

Enligt uppgift ska det finnas ett kulverterat vattendrag som går genom de lågt belägna delarna av tätorten och mynnar i hamnen. Genom att öppna upp kulverterade vattendrag kan estetiska och ekologiska mervärden tillskapas samtidigt som avbördningskapaciteten kan ökas för att omhänderta extrem nederbörd.

### 6.3 Grundvatten

Kunskapen om klimatförändringens påverkan på grundvattennivån, särskilt i kustområden, är begränsad. Samtidigt har grundvattenförhållanden, särskilt i jordlagren, stora lokala variationer. Med hänsyn till det kan mer platsspecifika studier vara aktuellt. De områden som då bör prioriteras är låglänta kustnära områden med bebyggelse eller höga naturvärden samt områden som är intressanta ur vattenförsörjningsperspektiv.

I övrigt bör de tekniska försörjningssystemen för dricksvatten, avloppsvatten och dagvatten utformas så att de inte skadas av en förändrad grundvattensituation. Likaså måste dessa system utformas så att de inte vid ändrat klimat och extremvädessituationer bidrar till negativ påverkan på grundvattnet, till exempel genom läckage, bräddning eller förorenings spridning.

En mer konkret åtgärd för att förhindra skador orsakade av stigande grundvattennivåer till följd av långsiktigt stigande havsnivåer kan vara att i särskilt utsatta områden bevara en grundvattennivå liknande dagens. Detta kan åstadkommas med hjälp av dränering och/eller pumpning. Vid pumpning bör risken för saltvatteninträngning särskilt beaktas och utredas.

---

## 7 Rekommendationer

Utredningen visar på att åtgärder kommer att krävas utmed hela FÖP-områdets kuststräcka för att skydda bebyggelse, infrastruktur och natur- och rekreationsområden mot klimatförändringens effekter till år 2100. Den västra delen av Ystad sandskog bör idag ges högsta prioritet. Här bör kommunen säkerställa att bebyggelsen har ett tillräckligt skydd mot översvämningar redan idag.

Eftersom osäkerheterna är så stora inför vad klimatförändringen kommer att innebära bör kommunen sträva efter att göra så lite som möjligt, så sent som möjligt. Det kan dock i vissa fall vara lönsamt att redan idag ta höjd för säkerhetsmarginaler om åtgärderna är kostsamma att justera i efterhand.

Längs de delar av kusten som eroderar anläggs med fördel kombinerade översvämnings- och erosionsskydd mot stigande havsnivåer. Turismen är en betydelsefull näring i kommunen och kan väntas öka i omfattning i framtiden. Därför bör kustskydd utformas så att de ökar kommunens attraktionskraft som turistmål. Detta kommer även att öka kommunens attraktionskraft som boendekommun.

Åtgärdsförslagen baseras på den kunskap som vi har idag. Åtgärder som är tänkta att utföras på längre sikt bör givetvis omprövas efter den nya kunskap som finns vid tidpunkten för genomförandet. Det är ändå viktigt att ta med åtgärdsförslagen i planeringen och avsätta mark, så att det finns utrymme att genomföra åtgärderna när de behövs.

Vid planering av nya områden bör kommunen sträva efter att bygga robusta och flexibla system, anpassade efter vattnets väg genom landskapet. Genom att anpassa bebyggelsen efter vattnets naturliga flödesvägar minskar risken för översvämning.

En översyn av Ystads dagvattenhantering och de diktningföretag som finns inom tätorten görs med fördel inom ramen för kommunens vattenplan som ska tas fram under 2014 – 2016. I vattenplanen bör det även framgå hur klimatanpassning av kommunens VA-system ska ske.

## 8 Referenser

- Bruun, P., 1988. *The Bruun Rule of erosion by sea-level rise: a discussion of large-scale two- and three-dimensional usages*. Journal of Coastal Research 4, 627– 648.
- Dahlerus, C-J. & Egermayer, D., 2005. *Uppspolning och klittererosion längs Ystadkusten - Situation idag och framtida scenarier*. Examensarbete Avdelning för Teknisk Vattenresurslära LTH, 2005.
- Hunt, 1959. *Design of Seawalls and Breakwaters*. J. Waterways and Harbors Div, pp. 123-152.
- IPCC, 2013. *Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- SGU, 2010. *Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat*. SGU-rapport 2010:12.
- SGU, 2014. *Så påverkar klimatförändringarna grundvattnet*  
<http://www.sgu.se/squ/sv/samhalle/energi-klimat/klimatforandringar/sa-paverkar-klimatforandringarna-grundvattnet.html>, hämtad 2014-04-14.
- SMHI, 2009. *Havsvattenstånd vid svenska kusten*. SMHI faktablad nr 41, juli 2009.
- SMHI, 2010. *Dimensionerande våghöjd utanför Trelleborgs Hamn*. Rapport nr 2010-44.
- SMHI, 2011. *Klimatanalys för Skåne län*. Rapport nr 2011-52.
- Svenskt vatten, 2011. *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Publikation P104.
- Sweco, 2013. *Modellering Nybroån*. Uppdragsnummer 1220153000.
- Sydvatten, 2014. *Skånes dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat*.
- US Army Corps of Engineers, 1984. *Shore Protection Manual*.