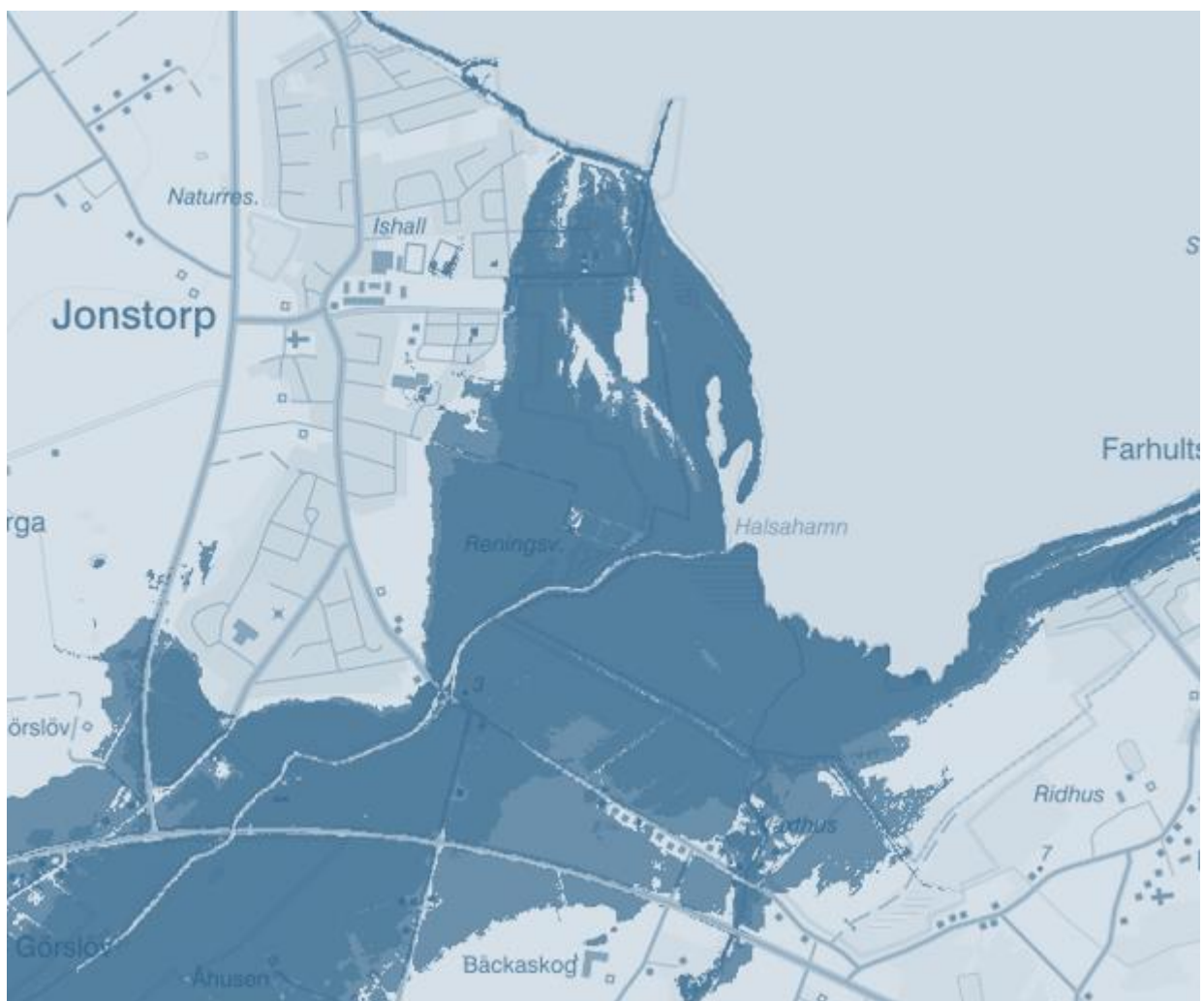


Klimatutredningar Jonstorp

Kompletteringar och uppdateringar 2021

Havsnivåer, vågor, erosion och grundvatten



Höganäs kommun

Rapport

Oktober 2021

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningsystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Klimatutredningar Jonstorp

Kompletteringar och uppdateringar 2021

Havsnivåer, vågor, erosion och grundvatten

Framtagen för Höganäs kommun
Kontaktperson Karin Stenholm och Milma Danielsson



Översiktlig översvämningsanalys

Projektleddare	Charlotta Lövestedt
Kvalitetsansvarig	Martin Johnsson
Handläggare	Martin Johnsson, Cecilia Gustafsson
Projektnummer	12804813
Godkänd datum	2021-10-18
Version	2.2 – slutlig version
Klassificering	Öppen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Ordlista	5
1 Sammanfattning	7
1.1 Slutsatser och rekommendationer	8
2 Inledning	9
2.1 Bakgrund och syfte	9
2.2 Sammanfattning tidigare utredningar	9
2.2.1 Klimat-PM Höganäs, 2012	9
2.2.2 Översiktlig klimatanalys för Höganäs kommun, 2013	10
2.2.3 Höganäs kustförvaltningsplan, 2017	11
2.3 Uppdaterade klimatscenarier och nya vägledningar	12
2.3.1 IPCC	12
2.3.2 Boverket	13
3 Metod	16
3.1 Stigande medelhavsnivå	16
3.2 Extrema vattennivåer	16
3.3 Vågeffekter	17
3.4 Erosionsuppskattning	19
3.5 Grundvattennivåer	19
4 Resultat – övergripande	21
4.1 Havsnivåer	21
4.1.1 Översvämningsytor, kartfigurer	25
4.2 Vågeffekter	27
5 Resultat Jonstorp	29
5.1 Stigande medelhavsnivå och extrema stormnivåer	29
5.1.1 Nuläge år 2020	30
5.1.2 Prognoser år 2050	31
5.1.3 Prognoser år 2100	32
5.1.4 Prognoser år 2200	33
5.2 Vågeffekter	34
5.3 Erosionsuppskattning	34
5.4 Grundvattennivåer	34
5.4.1 Prognoser år 2100	35
5.4.2 Prognoser år 2200	37
5.5 Jonstorp – sammanfattning	39
6 Diskussion och slutsatser	40
7 Rekommendationer till vidare utredningar	41
8 Referenser	42

FIGURER

Figur 1	Maximal översvämningsutbredning uppströms väg 112 längs Görslövsån i samband med ett framtida 100-års vattenstånd med varaktighet motsvarande adventsstormen den 27 november 2011. Observera att den maximala utbredningen och vattendjupet nedströms väg 112 inträffar vid en tidigare tidpunkt. (Från DHI, 2013).	10
Figur 2	Vegetationslinjeanalys 2008-2014, området vid Jonstorp (från Sweco, 2017).	12
Figur 3	Beräknad global havsnivåhöjning (SLR) fram till år 2300 (<i>IPCC 2019</i>).....	12
Figur 4	Uppskattning av återkomstperioder för vattenstånd baserat på uppmätt vattenstånd från Viken mellan 1977 och 2020. Sannolikheten för att värdet ligger inom konfidensintervallet (streckad linje) är 95% och den heldragna linjen anger centralestimatet.	16
Figur 5	Förstoring av modellens batymetri (djup) och beräkningsnät i området.....	17
Figur 6	Tidsserie av signifikant våghöjd utanför Höganäs kust på ca 20 m djup.....	18
Figur 7	Vågros för signifikant våghöjd utanför Jonstorp (i Skälderviken) på ca. 15 m djup. Denna visar hur ofta (andel av tiden) vågorna kommer från en viss riktning. Våghöjden, i varje sektor, anges i en färgskala.....	18
Figur 8	Den framtida medelvattennivån för IPCC scenario RCP2.6 för Höganäs kommun fram till år 2300. Den svarta linjen visar centralestimatet med övre (röda streck) och undre (gröna streck) konfidensintervall.	21
Figur 9	Den framtida medelvattennivån för IPCC scenario RCP8.5 för Höganäs kommun fram till år 2300. Den svarta linjen visar centralestimatet med övre (röda streck) och undre (gröna streck) konfidensintervall.	21
Figur 10	Bidragande komponenter till framtida möjlig vattenståndsökning i Jonstorp med klimatscenario RCP2.6 i grunden. Ingående komponenter är medelvattenstånd (gult), 100-års högvatten (grönt), våguppstuvning (rött) samt vinduppstuvning (blått).	23
Figur 11	Bidragande komponenter till framtida möjlig vattenståndsökning i Jonstorp med klimatscenario RCP2.6 i grunden. Ingående komponenter är medelvattenstånd (gult), 100-års högvatten (grönt), våguppstuvning (rött), samt vinduppstuvning (blått).	23
Figur 12	Varaktigheten för vattenstånd vid Viken visas för 2020 (baserat på SMHI's mätdata 1977-2020) samt motsvarande för framtida nivåer (scenario RCP8.5).	24
Figur 13	Översikt över områden som översvämmas i Höganäs och Jonstorp vid en storm med 100 års återkomsttid år 2100 för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.	26
Figur 14	Våguppstuvning (blå heldragen och streckad linje) och våguppspolning (röd linje) för Jonstorp för inkommande vågor med signifikant höjd 3.5m och period 8s.	28
Figur 15	Medelvattenstånd nuläge (2020) + 100-års högvatten. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.	30
Figur 16	Medelvattenstånd 2050 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.....	31
Figur 17	Medelvattenstånd 2100 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.....	32
Figur 18	Medelvattenstånd 2200 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.....	33
Figur 19	Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP2.6 år 2100.	35
Figur 20	Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP8.5 år 2100.	36
Figur 21	Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP2.6 år 2200.	37

Figur 22	Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP8.5 år 2200.	38
----------	--	----

TABELLER

Tabell 1	Värden, relativt till RH2000, på globala havsnivåer från IPCC 2013 samt IPCC 2019. I IPCC 2013 fanns inte användbara scenarion längre än år 2100 presenterade.	13
Tabell 2	Gränser för de olika grundvattensklassningarna i de olika scenarierna och tidshorisonterna som visas i resultatkartorna.	20
Tabell 3	De beräknade framtida medelvattennivåerna (RH2000) för RCP2.6 och RCP8.5, med hänsyn tagen till den lokala landhöjningen, i Höganäs kommun. Det övre och undre gräns för sannolika nivåer är också presenterade.	22
Tabell 4	Olika nivåer för återkomstperioder för högvattnet i Viken (nivåer relativt RH2000)	22
Tabell 5	Framtida återkomsttider baserat på RCP8.5 för Höganäs motsvarande dagens 10-, 25- och 50-årshändelser avseende havsvattenstånd. De framtida återkomsttiderna har markerats med röd bakgrundsfärg för att markera att osäkerheten blir större för prognoserna längre fram i tiden. ...	24
Tabell 6	Varaktighet för tre nivåer baserat på SMHI's uppmätta vattenstånd vid Viken, samt RCP8.5 för framtida nivåer. Röd bakgrundsfärg har använts för att markera att osäkerheten blir större för prognoserna längre fram i tiden.	25
Tabell 8	Gränser för de olika översvämningsytorna i de olika scenarierna och tidshorisonterna som visas i resultatkartorna för Jonstorp.	29

Ordlista

IPCC

IPCC - Intergovernmental Panel of Climate Change - är FN:s mellanstatliga klimatpanel som sammanställer det rådande vetenskapliga kunskapsläget kring klimatförändringar, konsekvenser, sårbarhet och möjliga lösningar.

RCP

"Representative Concentration Pathways (RCP) är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden. Det benämns strålningsdrivning och uttrycks som watt per kvadratmeter (W/m^2). RCP-scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100; 2,6, 4,5, 6,0 eller 8,5 W/m^2 ." (citrat från Vad är RCP? | SMHI)

RCP8.5 representerar fortsatt höga utsläpp av koldioxid, det värsta av de fyra scenarierna. Klimatavtal, teknikutveckling och politiska beslut om koldioxidutsläpp kan påverka vilket scenario som kommer vara mest likt verkligheten i framtiden.

RH2000

RH 2000 är Sveriges nationella höjdsystem sedan 2005 (Höjdsystem och vattenstånd | SMHI). När vattenståndet anges i RH 2000 beskrivs havsnivåns höjd relativt den fixa landpunkt som utgör nollnivån i systemet. Om havsnivån stiger över tid är havsnivåhöjningen snabbare än landhöjningen på den aktuella platsen. Medelvattenståndet uttryckt i RH 2000 förändras över tid. Medelvattenståndet uttryckt relativt medelvattenståndet är per definition alltid noll, detta referenssystem kallas RW efter engelskans Relative Water level. Ibland används enheten meter över havet (möh) när man beskriver en höjdnivå i RW. Vattenståndet i RW fluktuerar kring nollnivån. Vill du räkna om vattenstånd angivna i RH 2000 till värdet relativt medelvattenståndet (RW) gör du såhär: Ta vattenståndet (i RH 2000) minus värdet för årets beräknade medelvattenstånd (i RH2000). SMHI tar fram värdet för det beräknade medelvattenståndet (i RH2000) varje år vid respektive mätstation där havsvattenstånd observeras (Årets medelvattenstånd | SMHI).

Medelvattenstånd

Medelvattenståndet är medelvärdet av havsvattenytans nivå över en längre period. Medelvärdet förändras över lång tid och rör sig längs en trendlinje. SMHI beräknar varje år medelvattenståndet vid mätstationerna där havsvattenstånd observeras. Det beräknade medelvattenståndet publiceras varje år för respektive station (Årets medelvattenstånd | SMHI). Medelvattenståndet angivet i RW är dock alltid noll (se RH2000).

100-årshögvatten

Ett 100-årshögvatten är ett högvatten som har en statistisk återkomsttid på 100 år. Detta innebär att nivån uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång per 100 år. Hur högt 100-årshögvattnet är varierar mellan olika platser, bland annat beroende på hur utsatt platsen är för stormar, vinduppstuvning och om platsen är exponerad mot öppet hav eller ligger mer skyddat innanför trånga sund.

Ett 100-årsregn har också en statistisk återkomsttid på 100 år, men avser en intensitet (hur mycket regn som faller under ett visst antal timmar).

Vinduppstuvning

Vinduppstuvning är en temporär höjning av vattenståndet då kraftiga pålandsvindar pressar vattnet mot kusten. Denna effekt blir signifikant i vikar. Ett exempel på en vik där vinduppstuvning är påtagligt är Skälderviken. Vid en öppen rak kustlinjen ger inte vinduppstuvningen någon signifikant nivåhöjning.

Våguppstuvning

Våguppstuvning orsakar en lokal höjning av vattenytan i grundområdet nära strandlinjen där vågorna bryter. Våguppstuvning kan, precis som vinduppstuvning, ge ytterligare förhöjning till ett högvatten vid storm, men denna kan även vara signifikant på raka kustlinjer och inte bara i vikar. Våguppstuvningen har både en statiskt och en dynamisk komponent, se kapitel 4.2.

Våguppspolning, våguppsköljning

Våguppspolning och våguppsköljning är samma sak och beskriver de enskilda vågtopparnas bidrag till att höja vattennivån momentant då vågen kommer in över land, innan vågen faller tillbaka mot havet. När vattenlinjen rör sig upp och ner på en badstrand vid normalt väder är det våguppspolning man ser. Vid storm kan uppspolningen vara en säkerhetsrisk.

Vågöverspolning

Om en våg spolar upp på en strand och över en sanddyn med lägre marknivå bakom kallas detta för vågöverspolning. Samma term används om en våg spolar över vatten till insidan av en vågbrytare eller översvämningsskydd.

1 Sammanfattning

Syftet med föreliggande utredning är att uppdatera de tidigare gjorda utredningarna när det gäller klimatrelaterad påverkan med nya rön samt att göra en mer detaljerad studie av tätorterna Höganäs och Jonstorp. Utredningen för Höganäs tätort redovisas i en separat rapport (DHI, 2021).

IPCC (2019) har publicerat nya beräknade havsnivåer till följd av klimatförändringar och även förlängt sina tidigare prognoser från 2100 till 2300.

Boverket har kommit ut med två vägledningar som kan sammanfattas enligt nedan (Boverket, 2018 och 2019):

- Kommunen behöver själv avgöra hur stora översvämningsrisker området tål med hänsyn till hur känslig och kritisk verksamhet/infrastruktur som planeras i området
- Kommunen behöver själv avgöra med vilken återkomsttid och hur långt in i framtiden som riskerna ska beräknas utifrån platsens och bebyggelsens förutsättningar.
- Boverket rekommenderar att beräkningarna baseras på RCP 8.5 för att ta hänsyn till klimatprognosernas osäkerheter.
- Boverket bedömer att framtida skyddsåtgärder bör kunna utgöra en grund för bebyggelse om kommunen kan visa att det är mycket sannolikt att skyddet kommer att genomföras (hur stort behovet av skydd är i området, rådighet, politiska ställningstaganden, inkludering i översiktsplanen till exempel)
- Det finns inte tillräckligt med kunskap kring kusterosion och metoder för att beräkna denna i ett framtida klimat för att kunna ge några rekommendationer utan Boverket konstaterar att det är svårt för kommuner och länsstyrelser att avgöra om området riskerar att påverkas av erosion.

Nedan följer sammanfattningar för resultaten av följande utredning för Jonstorp.

När det gäller medelvattennivåerna för Jonstorp utgör de inga översvämningsproblem förrän år 2200 i RCP8.5. I det scenariot ligger flera kvarter i öster, kring Idrottsvägen, permanent under vatten. Marken blir dock snabbt högre och stora delar av Jonstorp är beläget på över 5 m. 3-meters kurvan går ungefär där Lindesvägen möter Idrottsvägen.

Höga grundvattennivåer till följd av stigande medelhavsnivå kan ge problem i samma område redan år 2100 i både RCP2.6 och 8.5 men i lite större omfattning i den senare. År 2200 är problemen större och framför allt i RCP8.5 är det problematiskt höga grundvattennivåer i området då.

Vid ett 100-års högvatten beräknas det bli problem vid Idrottsvägen redan idag och det är bara en liten ökning av översvämningsområdet till år 2100. Däremot är översvämningsområdet i östra Jonstorp större år 2200 vid RCP8.5.

Våguppspolningen förväntas inte leda till några större problem med vågöverspolning, eftersom det inte finns någon tröskel som kan spolras över.

Däremot kan vågor orsaka erosion i strandlinjen som kommer förvärras i framtiden på de sträckor som redan idag är erosionsutsatta. Ytterligare områden kan komma att påverkas negativt av erosion men det är svårt att prognostisera.

1.1 Slutsatser och rekommendationer

Det är viktigt att vara medveten om de osäkerheter som finns när det gäller klimatrelaterade prognoser. Men lika viktigt är det att vara medveten om de parametrar som inte är osäkra – topografin är uppmätt och säkra och lågt liggande områden är alltid utsatta för översvämningsrisker medan högre områden ligger bättre till. Således är större delen av Jonstorp på säker mark.

Vi bedömer utifrån beräkningarna i denna utredning och tillgängliga prognoser att de största översvämningsriskerna på längre sikt är i Höganäs tätort östra delar då vattnet kommer in från öster, alltså från Jonstorp. Kan man via någon redan idag upphöjd vägbank stoppa översvämningsrisken från öster vore detta lämpligt. För de östra delarna av Jonstorp skulle ett längre kustskydd behövas för att skydda från både havet och Görslövsåns dalgång.

När det gäller erosion är osäkerheterna i prognoserna mycket stora, där kan man bara vara medveten om problematiken och se till att de kuster där man vill förhindra att strandlinjen förflyttar sig inåt land är skyddade. Detta gäller såklart bara om det finns ett erosionsproblem på sträckan.

Det är också viktigt att poängtera att även om det är många osäkerheter i hur stora konsekvenser det blir av klimatförändringarna så är processen långsam. Är man medveten och har genomförbara planer kan man se till att skydden anläggs i god tid och inte görs onödigt höga i förtid.

Som nämnts i resultaten bedöms inte våguppspolning vara något större problem så som kustlinjen ser ut idag i Jonstorp. Om det däremot byggs vallar eller murar som skydd för översvämning ska man vara medveten om att överspolning kan ske och hamna bakom skyddet om dessa inte dimensioneras och utformas på ett genomtänkt sätt. Översvämningskydd mot havet måste alltid också integreras med ett helhetstänkt kring vattnet i staden så att man inte förvärrar problem vid exempelvis skyfall.

Det blir markant stora skillnader mellan RCP2.6 och RCP8.5, det är därför av mycket stor vikt att följa den närmaste tidens politiska beslut och teknikutveckling som kommer vara avgörande för världens kustsamhällen flera hundra år framåt i tiden.

Det rekommenderas att kommunen utreder hur en översvämning från öster kan stoppas från att nå Höganäs östra delar.

Det rekommenderas även att kommunen utreder hur de östra delarna av Jonstorp kan skyddas från översvämning.

För att beräkna erforderlig höjd på översvämningskydd rekommenderas att en lokal vågmodell och detaljerad våguppspolningsmodell tas fram.

Vidare rekommenderas att observera kustlinjens förändring på längre sikt för att i god tid kunna agera på eventuell problematisk erosion.

2 Inledning

2.1 Bakgrund och syfte

Höganäs kommun har tidigare utrett klimatrelaterade effekter avseende stigande hav, erosion och höga grundvatten översiktligt för hela kommunen i flera utredningar (Höganäs kommun, 2011; DHI, 2013; Sweco, 2017). Nya prognoser och rekommendationer när det gäller stigande hav har presenteras sedan de tidigare utredningarna färdigställs och kommunen önskar därmed även att uppdatera befintligt material enligt dessa (IPCC, 2019; Boverket, 2018; Boverket, 2019) för tätorterna Höganäs och Jonstorp.

I Jonstorp behöver de befintliga utredningarna kompletteras med nivåer fram till 2200 till den fördjupade översiktsplanen som kommunen arbetar med att ta fram. Området omfattar tätorten mellan Görslövsån och Rekekroken.

Kommunen önskar ta fram underlag både för klimatscenario RCP2.6 och scenario RCP8.5. Underlagen ska omfatta stigande hav (medelnivå), extrema nivåer i havet, våguppstuvning, erosion och grundvatten.

När det gäller bakgrundsfakta om till exempel klimatmodeller, vind, vattenstånd och vågor, geologi och olika kusttyper, hänvisas till tidigare gjorda utredningar. Endast nya rön och uppdateringar redovisas i denna utredning.

2.2 Sammanfattning tidigare utredningar

2.2.1 Klimat-PM Höganäs, 2012

Kommunen tog under 2012 fram ett översiktligt Klimat-PM som omfattar stigande havsnivåer och erosion i kommunen.

Sammanfattningsvis konstateras i Klimat-PM att Höganäs kommer att påverkas av klimatförändringen på många olika sätt, framförallt genom mer vatten och ett varmare klimat. Klimatförändringen förväntas leda till mer regn, mer omfattande erosion samt stigande havs- och grundvattennivåer. I dokumentet förutsätts att havsnivån förväntas stiga upp till en meter de kommande 100 åren.

Man utgår också från att ett högvatten med 100 års återkomsttid adderar 167 cm till högvattnet. Till det kommer vinduppstuvning, våguppstuvning och våghöjder på sammanlagt 80 cm i extrema fall. De senare är dock mycket osäkra och bör endast ses som uppskattningar.

En höjd medelvattennivå bedömdes i Klimat-PM Höganäs inte vara något omfattande problem för kommunen, utan problem bedöms komma att uppstå vid extrema händelser när vattenståndet kortvarigt är högt.

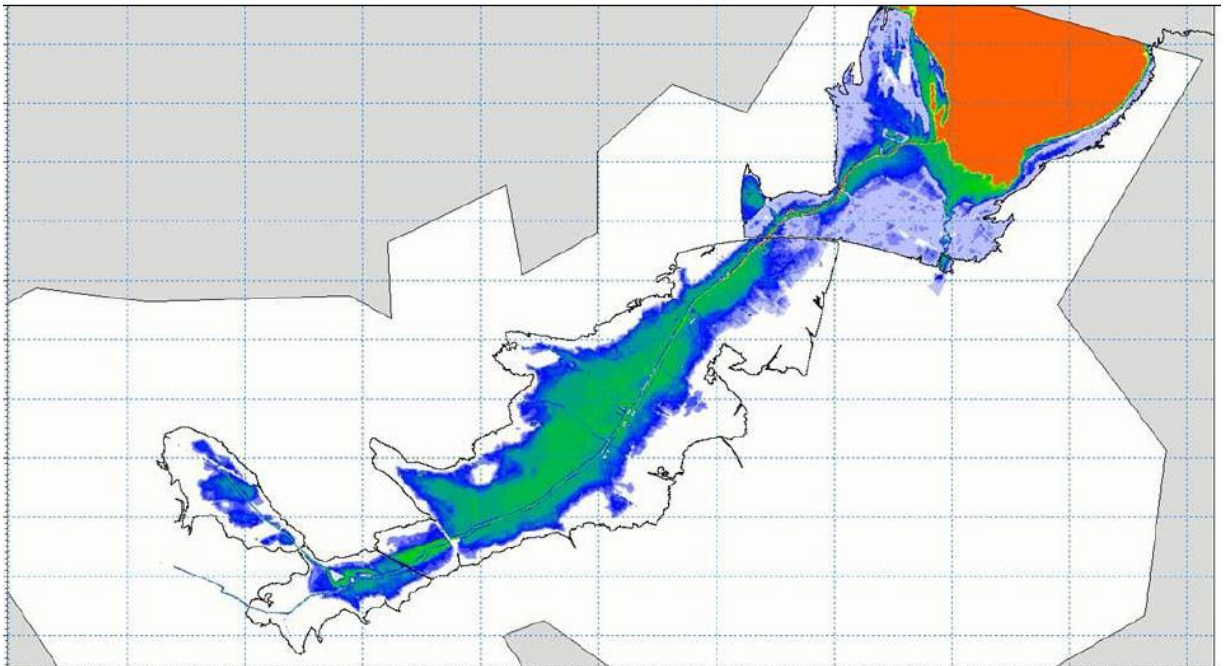
I dokumentet listas ett antal särskilt riskutsatta områden eller samhällsfunktioner, som riskerar att drabbas i samband med högvattensituationer. Bland dessa nämns Görslövsån med biflöden, bebyggelse och infrastruktur i östra Höganäs samt områden omkring Jonstorp och Farhult.

2.2.2 Översiktlig klimatanalys för Höganäs kommun, 2013

DHI tog 2013, för kommunens räkning, fram en mer omfattande men ändå översiktlig analys för hela Höganäs kommun avseende stigande hav, erosion, extrema regn och höga grundvattennivåer.

Resultaten från studien ger ett översiktligt underlag för vilka områden som bör undvikas vid nyexploatering och vilka som kräver en mer detaljerad studie av översvänningsriskerna. Resultaten ger även en bild av vilka områden i befintlig bebyggelse som löper risk att översvämmas idag och i framtiden.

I rapporten förutsätts att havsnivån förväntas stiga med 1 m till år 2100, vilket då det kompenseras för den landhöjning som sker i Höganäs resulterar i en havsnivåhöjning med 85 cm relativt dagens nivåer. Om denna ökning läggs till dagens extremnivåer fås att framtida vattenstånd med 10 – 100 års återkomsttid varierar mellan 237 och 271 cm. I rapporten redovisas resultat från en dynamisk simulering av översvänningsförloppet som visar att ju längre in på land man kommer, desto mindre blir översvämningen. Detta för att vattnet inte hinner ta sig så långt på grund av friktion. Skillnaden mellan översvänningsnivån (svart linje) och översvämmad yta med dynamiken inräknad visas i Figur 1.



Figur 1 Maximal översvänningsutbredning uppströms väg 112 längs Görslövsån i samband med ett framtida 100-års vattenstånd med varaktighet motsvarande adventsstormen den 27 november 2011. Observera att den maximala utbredningen och vattendjupet nedströms väg 112 inträffar vid en tidigare tidpunkt. (Från DHI, 2013).

Samtliga kommunens hamnområden och bebyggelse i Viken, Höganäs och Jonstorp ligger under framtida 100-årsnivå.

Den förhärskande sedimenttransportriktningen är sydgående längs den västra kusten (Öresundskusten) och östgående längs den norra delen av kusten (Skäldervikskusten).

I rapporten konstateras att det är sandiga partier längs kommunens kust som kommer att vara mest utsatta för framtida förändringar. Längs dessa avsnitt kommer erosion att uppstå som en följd av medelvattennivåhöjningen i havet. Enligt Bruuns formel och uppskattningen om ett förhållande på 1/100 mellan medelvattennivåhöjning och strandlinjeförflyttning uppskattas att

strandlinjen kan komma att förflyttas så mycket som 85 m inåt land längs sandiga kuststräckor, baserat på en medelvattennivåhöjning på 85 cm till år 2100.

Eftersom flera av de erosionsutsatta sträckorna längs Höganäs kust redan idag är försedda med kustskydd, främst i form av stenskoningar, kommer det i första hand att vara nya områden som kommer att drabbas i framtiden. Den erosion som förväntas ske till följd av en medelvattennivåhöjning kommer att ske gradvis i takt med att havet stiger. Dock kan kraftig erosion uppstå stötvis i samband med kraftiga stormar.

Rapportförfattarna konstaterar att de idag existerande strandskydden kommer att behöva förstärkas som en följd av ökad belastning.

En strandlinjeanalys togs fram under utredningen baserat på en karta från 1917 samt flygfoton från 1940 respektive 2010. Denna pekar ut i stort sett hela området vid Höganäs tätort som oförändrat i erosionshänseende. Ett mindre område precis norr om utfyllnaden väster om hamnen, vid Långörsrevet, pekas ut som påbyggnadsområde, vilket kan förklaras av att revet fungerar som en hövd och fångar upp sand som rör sig i en förhärskande sydgående riktning

I rapporten har områdena kring Jonstorp och Nyhamnsläge pekats ut som mest utsatta, där erosionsskador finns redan idag. Sammanfattningsvis kommer de platser som idag har problem med erosion att få fler problem i framtiden, om det inte byggs nya skydd och befintliga skydd kompletteras.

En avgränsning i grundvattenanalyserna är att stigande medelhavsnivåer inte tas hänsyn till. Analysen antar att bebyggelse i tätort har en fungerande dränering som håller grundvattennivån på ett avstånd av 1,5 m från markytan.

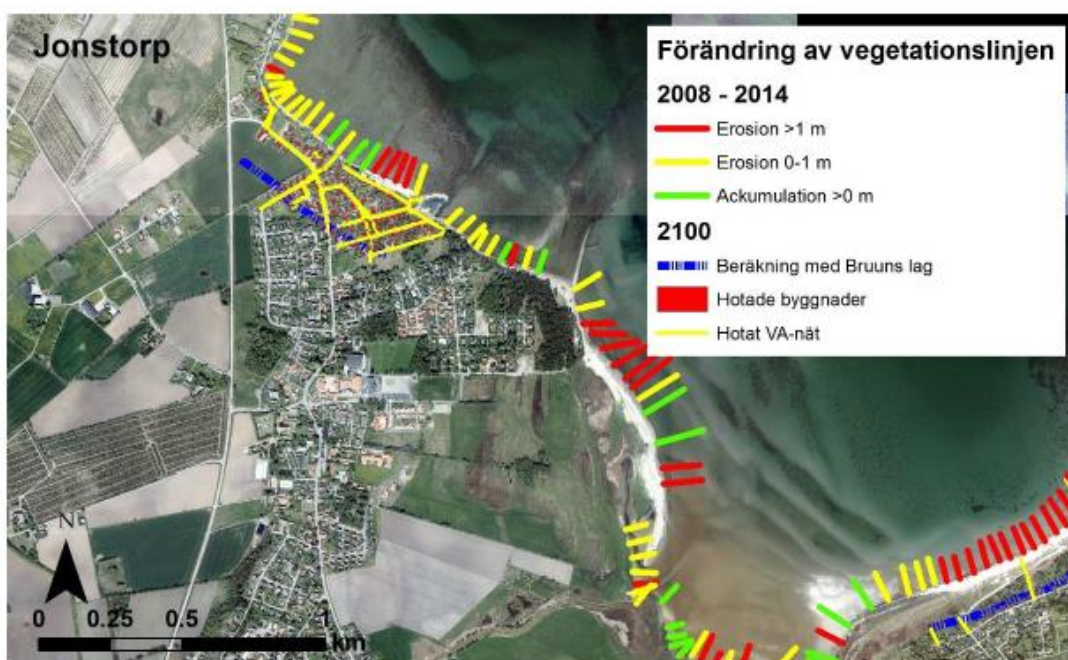
2.2.3 Höganäs kustförvaltningsplan, 2017

Under 2017 tog Sweco fram ett förslag till Kustförvaltningsplan för hela Höganäs kommun, vilken baserade sig på de två tidigare nämnda utredningarna samt nya analyser och beräkningar. I rapporten beskrivs också skillnaden mellan olika typer av hot såsom en höjd medelvattenyta, tillfälligt höga stormnivåer, vågor och erosion. Vidare presenteras olika typer av åtgärder och dess för- och nackdelar samt lämpliga användningsområden.

Kustförvaltningsplanen innehåller en kompletterande strandlinjeanalys baserad på vegetationens förflyttning på flygfoton från 2008 och 2014.

En beräkning av strandlinjens tillbakadragning vid stigande havsmedelnivå gjordes med Bruuns formel och visas i samma karta som strandlinjeanalysen (Figur 2). Sträckor som vid beräkningarna redan hade erosionsskydd utelämnades. Sweco (2017) beskriver att Jonstorp har varit utsatt för erosion under lång tid och en stigande havsmedelnivå förväntas förvärra situationen ytterligare. Man bedömer att på sikt kommer kuststräckan att behöva skyddas, för att undvika att erosionen når fram till byggnader och infrastruktur. Läget beskrivs också som akut för ett par fastigheter öster om och ett par fastigheter väster om hamnen.

Det bör dock noteras att beräkningarna med Bruuns formel är mycket osäkra, liksom den tidigare använda tumregeln att en meters medelhavsnivåstigning resulterar i 100 m förskjutning av strandlinjen på grund av erosion.

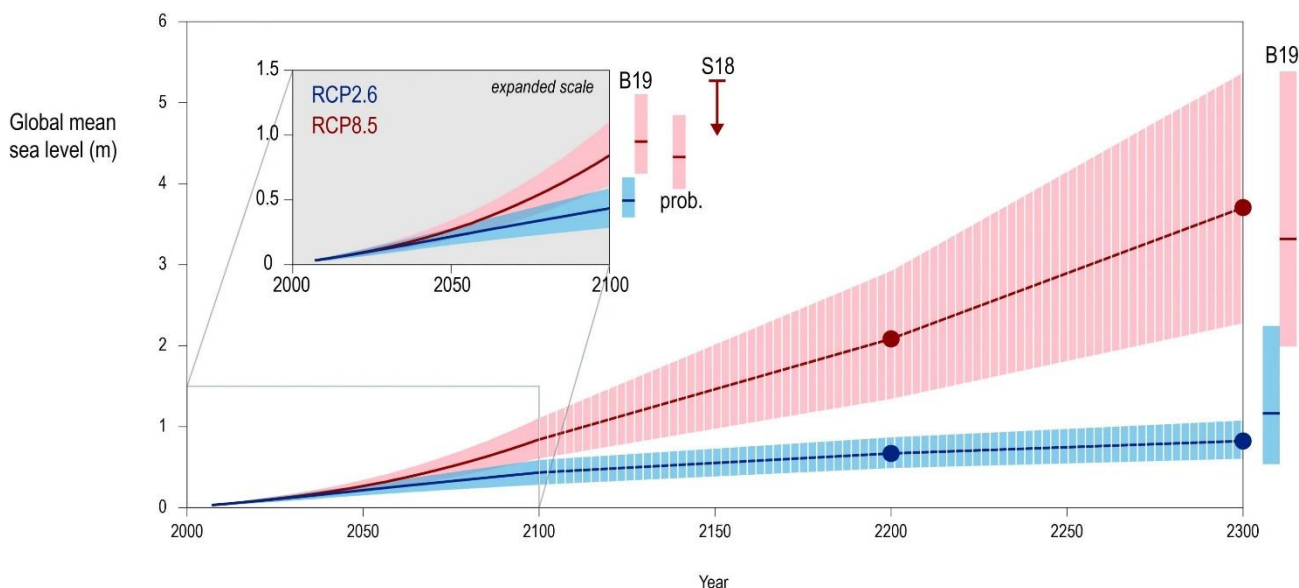


Figur 2 Vegetationslinjeanalys 2008-2014, området vid Jonstorp (från Sweco, 2017).

2.3 Uppdaterade klimatscenarier och nya vägledningar

2.3.1 IPCC

Uppdaterade scenarion från IPCC 2019 gäller framför allt för framtida globala havsnivåer från år 2050 fram till 2100. Ett nytt tillägg med beräkningar från 2100 till 2300 är även presenterat. Detta kan ses illustrerat i Figur 3. Scenarierna RCP2.6 samt RCP8.5 redovisas i figuren. Dessa baseras på olika samhällsutveckling i världen både vad gäller politiska beslut och teknikutveckling. Det finns fler scenarier mellan dessa. Notera att scenarierna är relativt lika fram till år 2100, men att det blir större skillnad ju längre in i framtiden prognosen gäller. RCP8.5 ger också ett betydligt större osäkerhetsspann än RCP2.6.



Figur 3 Beräknad global havsnivåhöjning (SLR) fram till år 2300 (IPCC 2019).

De gamla (IPCC, 2013) och nya värdena presenteras i Tabell 1 nedan, för de år som redovisats i tidigare utredningar samt tillägget 2200 i föreliggande utredning. De nya prognoserna är något högre än de tidigare, framför allt på grund av att man förbättrat prediktionerna för avsmältning av landis och glaciärer.

Tabell 1 Värden, relativt till RH2000, på globala havsnivåer från IPCC 2013 samt IPCC 2019. I IPCC 2013 fanns inte användbara scenarion längre än år 2100 presenterade.

År	RCP2.6 [m] 2013	RCP2.6 [m] 2019	RCP8.5 [m] 2013	RCP8.5 [m] 2019
2020	0,08	0,08	0,08	0,08
2050	0,22	0,24	0,25	0,32
2100	0,44	0,44	0,74	0,84
2200	-	0,65	-	2,06

2.3.2 Boverket

Boverket har under de senare åren tagit fram två för uppdraget relevanta tillsynsvägledningar:

- Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker, (Rapport 2018:8)
- Tillsynsvägledning avseende risken för skred och erosion (Rapport 2019:9)

Syftet med *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker* (2018) är att skapa förutsättningarna för att ny bebyggelse blir långsiktigt hållbar och att länsstyrelsernas tillsyn blir samordnad och förutsebar.

Vägledningen baseras på plan- och bygglagen (PBL), som ställer krav på att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till jord, berg och vattenförhållanden och med hänsyn till risken för olyckor, översvämnning och erosion. Rapporten inleds med att poängtera att vatten har idag *"en svårslagen attraktionskraft när vi väljer boendemiljö och det finns ett högt tryck på att utveckla boende och stadsmiljöer i vattennära lägen. Ur ett översvämningsperspektiv är detta inte alltid optimalt."* Boverket skriver också att *"många platser som är lämpliga för bebyggelse under dagens förhållande kan antas bli olämpliga i framtiden med hänsyn till risken för översvämnning. De stora osäkerheterna i hur snabbt klimatet förändras, och hur omfattande effekter ett förändrat klimat för med sig, innebär besvärliga utmaningar för den fysiska planeringen."*

Boverket förtydligar också från PBL: *"Det är risken för översvämnning som enligt PBL ska bedömas. I det ligger att sammanväga både sannolikheten för översvämnning och konsekvensen av översvämnningen. I vissa fall kan det vara motiverat att acceptera en högre sannolikhet för översvämnning, under förutsättning att konsekvenserna bedöms kunna hanteras på ett godtagbart sätt."* Boverket kommenterar därför att det bör finnas en flexibilitet och möjlighet till platsspecifik bedömning.

Boverket bedömer att *"det i många planer är rimligt att vid en bedömning av översvämningsrisken initialt utgå från förväntad havsnivåhöjning vid ett utsläppsscenario motsvarande RCP 8,5"* för att hantera osäkerheterna i klimatprognoserna. Boverket hänvisar till en visningstjänst hos SMHI för högsta havsnivån vid extrema händelser, denna finns dock inte. SMHI bekräftar även på e-mail (2021-05-03) att någon sådan visningstjänst inte finns, att det är komplicerade frågor och att de under året ska jobba med en förstudie tillsammans med MSB och Boverket för att komma vidare med prognoser kring "högsta havsnivån".

För att kunna bebygga områden som ligger i områden med allt för stor översvämningsrisk krävs framtida skyddsåtgärder. I vissa fall är det lämpligare att skyddsåtgärderna anläggs som storskaliga skydd utanför planområdet. Boverket skriver *"Att anlägga denna typ av storskaliga skydd kräver ofta lång tid av planering och projektering, och olika tillståndprocesser kan vara utdragna. I vissa fall behövs inte skydden förrän havet når nivåer som förväntas inträffa om 50-60 år. Att anlägga och förvalta skydden redan idag kan därför anses vara ineffektivt resursutnyttjande."*

Boverket fortsätter också angående skyddsåtgärder: *"Så som PBL är skriven, och utifrån förarbetena till lagen, är det idag svårt, kanske omöjligt, att reglera och ha planbestämmelser som medger ett adaptivt förhållningssätt. Bland annat för att planens genomförandetid ofta utgått innan skydden behöver byggas och för att det är svårt att visa att skydden verkligen kommer att genomföras när de väl behövs. När länsstyrelsen bedömer risken för översvämmning i planen måste det i princip vara säkerställt att skydden kommer att vara på plats när de behövs."*

Boverket gör bedömningen att det *"i vissa fall kan gå att beakta framtida skyddsåtgärder vid länsstyrelsens bedömning av översvämningsrisker i detaljplan"*.

Boverkets slutliga tillsynsvägledning gällande framtida skyddsåtgärder lyder *"Om framtida skyddsåtgärder utanför planområdet krävs för att en bebyggelse ska anses lämplig måste det ställas mycket höga krav på kommunen att visa att skydden kommer att uppföras. Det krävs således att kommunen utreder och kan visa att skydden är genomförbara ur tekniskt, ekonomiskt och juridiskt perspektiv. För att bedöma översvämningsrisken vid tillsynen måste länsstyrelsen i dessa fall bedöma hur sannolikt det är att skydden verkligen kommer att uppföras i framtiden. Aspekter som kan påverka hur sannolikt det är att skydden kommer att uppföras kan exempelvis vara att kommunen själv äger stora värden i området som är beroende av skydd eller att det i området redan idag finns stora allmänna värden som är beroende av skydd. Att kommunen har rådighet över marken för de framtida skydden och att det finns tydliga politiska ställningstaganden från kommunfullmäktige kan också vara viktiga aspekter att beakta för att bedöma att skydden med stor sannolikhet kommer att uppföras. Avsikten att uppföra skydden bör komma till uttryck i kommunens översiktsplan vilket ger stöd för att frågan kommer att hanteras fortsättningsvis i PBL-processen"*.

Från Boverkets *Tillsynsvägledning avseende risken för skred och erosion* (2019) finns tyvärr inte mycket rekommendationer kring erosion från havet. Boverket konstaterar att det fortfarande saknas mycket kunskap och metodik för att på ett standardiserat sätt kunna beakta de ändrade förutsättningar som ett förändrat klimat kan förväntas medföra.

Boverket skriver: *"Geotekniska säkerhetsfrågor kopplade till kusterosion har historiskt inte uppmärksamats på samma sätt som stabilitetsfrågor i övrigt. I dagsläget saknas vägledning eller rekommendationer kring metoder, omfattning och arbetsgång för utredningar av hur mycket strandlinjen kan förskjutas in mot land till följd av global havsnivåhöjning och stigande medelvattenstånd. Det är därför väldigt svårt både för kommuner och länsstyrelser att avgöra om ett planområde lokaliserat i anslutning till en erosionskänslig kust framöver riskerar att påverkas av erosion."*

Kortfattat innebär de två vägledningarna från Boverket:

- Kommunen behöver själv avgöra hur stora översvämningsrisker området tål med hänsyn till hur känslig och kritisk verksamhet/infrastruktur som planeras i området
- Kommunen behöver själv avgöra med vilken återkomsttid och hur långt in i framtiden som riskerna ska beräknas utifrån platsens och bebyggelsens förutsättningar.
- Boverket rekommenderar att beräkningarna baseras på RCP 8.5 för att ta hänsyn till klimatprognosernas osäkerheter.

- Boverket bedömer att framtida skyddsåtgärder bör kunna utgöra en grund för bebyggelse om kommunen kan visa att det är mycket sannolikt att skyddet kommer att genomföras (hur stort behovet av skydd är i området, rådighet, politiska ställningstaganden, inkludering i översiktsplanen till exempel)
- Det finns inte tillräckligt med kunskap kring kusterosion och metoder för att beräkna denna i ett framtida klimat för att kunna ge några rekommendationer utan Boverket konstaterar att det är svårt för kommuner och länsstyrelser att avgöra om området riskerar att påverkas av erosion.

3 Metod

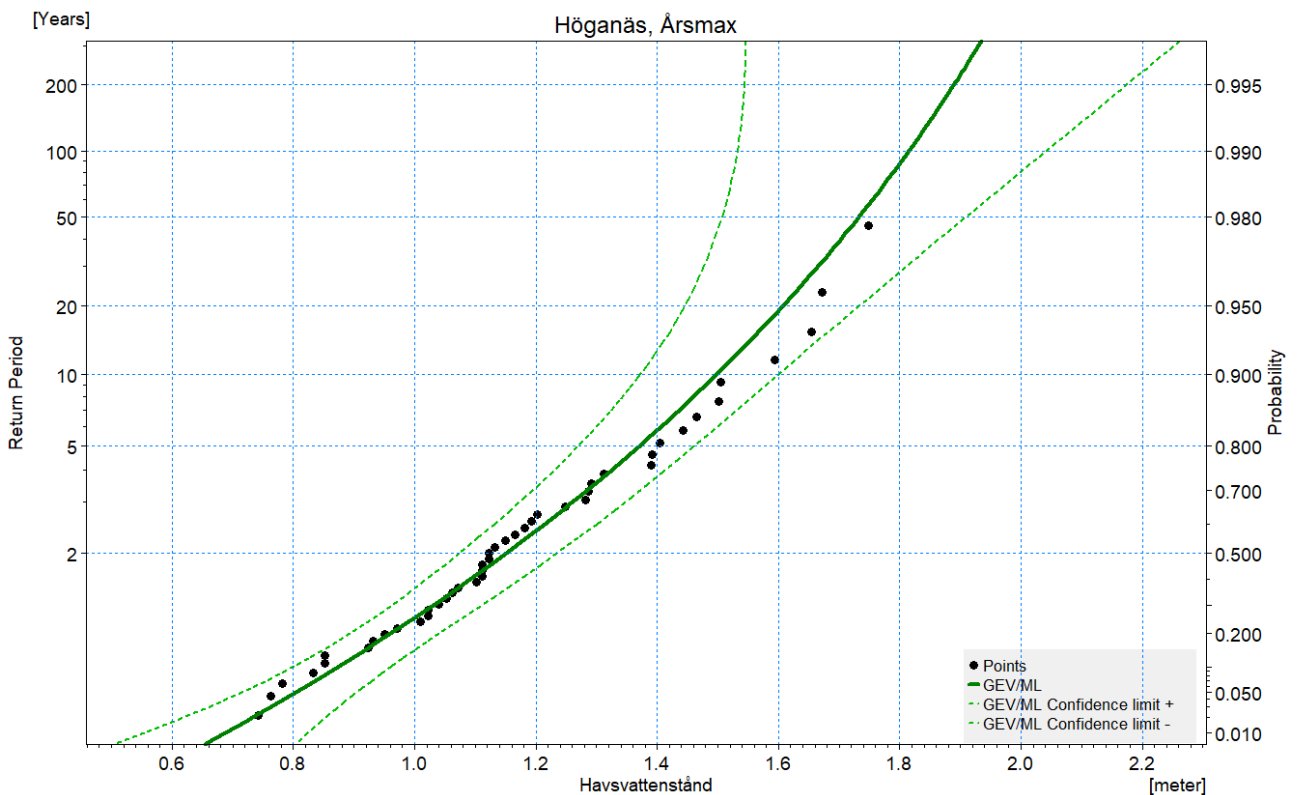
3.1 Stigande medelhavsnivå

För att beräkna de framtida medelhavsnivåerna har en metod som presenteras i SMHI (2017a) använts. I denna metod används beräknade globala havsnivåer. I denna studie har använts havsnivåer från IPCC (2019), se Figur 3.

Även informationen om landhöjning på 0,14 cm/år för Höganäs kommun används i beräkningarna för att ge de bästa lokala uppskattningen av nivåerna. Standarden är att nivåerna är beräknade att vara relativt medelvattenståndet år 1995. I RH2000 är denna nivå 6,2 cm i Höganäs kommun.

3.2 Extrema vattennivåer

För att beräkna extrema vattennivåer vid stormhändelser har vattenståndsdata från Viken mellan åren 1977 och 2020 använts. Data har anpassats till en statistisk sannolikhetsfördelning för extremvärden och utifrån dessa kan sedan olika återkomsttider beräknas. I Figur 4 nedan visas hur data passar in i en sådan fördelning. De data som har använts är det högsta uppmätta värdet för varje år sk. årsmax. Den statistiska fördelningen som visas är Generalized Extreme Value med Maximum Likelihood (GEV/ML). Även två andra statistiska fördelningar har jämförts och dessa ger väldigt lika resultat.



Figur 4 Uppskattning av återkomstperioder för vattenstånd baserat på uppmätt vattenstånd från Viken mellan 1977 och 2020. Sannolikheten för att värdet ligger inom konfidensintervallet (streckad linje) är 95% och den heldragna linjen anger centralestimatet.

I figuren kan man se att det är relativt glest mellan observationerna över 1,6 m vilket motsvarar en återkomsttid på drygt 10 år. Ju glesare det är mellan observationerna desto större blir osäkerheterna. Att prediktera nivåer med längre återkomsttid än vad som omfattas av observationerna innebär alltid en stor osäkerhet. Den högsta observerade nivån under mätperioden var 1,75 m.

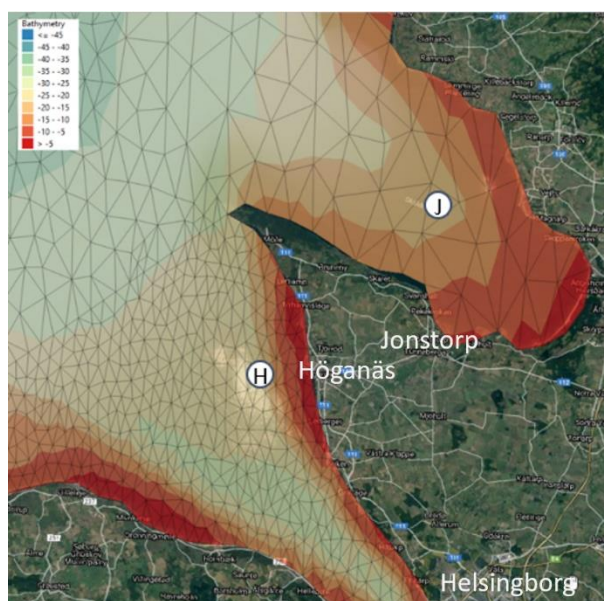
Nivåmätstationen i Viken är utformad för att mäta hur vattenståndet fluktuerar längre ut till havs och påverkas inte av kortvariga vågor och vinduppstuvningar närmast kusten. Därför bör man lägga till lokala effekter till följd av vind och vågor för att beräkna den maximala nivån vid land.

Vinduppstuvning uppstår under stormar då vinden trycker in vatten mot land, denna effekt är som mest betydande i vikar där det intryckta vattnet inte direkt har någonstans att ta vägen. Således är vinduppstuvningseffekten troligtvis marginell på Höganässidan men kan bli markant på Jonstorpsidan. Jämförelser mellan observationer på stormnivåer i Skälderviken och i Viken visar på en sådan skillnad. Den högsta observerade skillnaden mellan dessa mätstationer är 44 cm (Sweco, 2019). Det är dock troligt att det även finns lokala skillnader i vinduppstuvning inom Skälderviken. Det bör också noteras att vinduppstuvning bara uppstår vid starka stormar och är en tillfällig upphöjning av vattenytan.

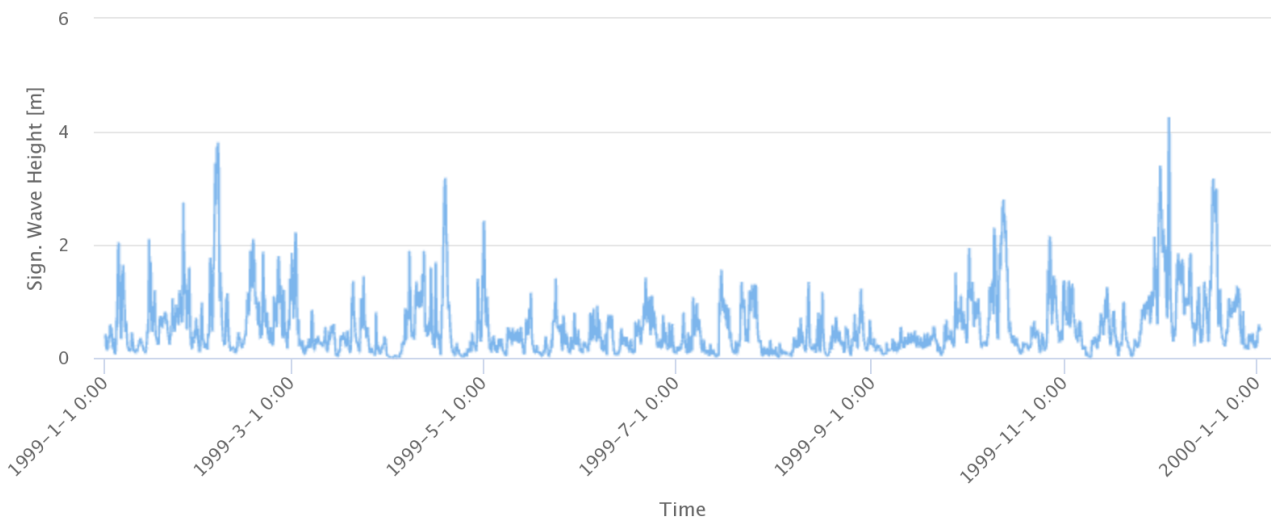
3.3 Vågeffekter

För att beräkna våguppstuvnings- och uppstuvningsnivåer behöver man först veta hur höga vågorna kan bli och vilken vågperiod dessa har utanför Höganäs respektive Jonstorp.

Data har hämtats från en validerad vågmodell från DHI som omfattar en tidsperiod på sammanlagt 24 år (1995–2018) (DHI, 2019). Modellen täcker ett område från Skagerack och Nordsjön i väster till Arkonabassängen i Östersjön i öster. I Figur 5 visas en förstoring av modellens batymetri (bottenivå) och beräkningsnät (upplösning) i området. I samma figur visas även positioner för de datapunkter ("H" och "J") som ligger till grund för extremvärdesanalysen av den signifikanta våghöjden. Djupet i beräkningsnätet vid de punkterna är ca 20 m för "H" och 15 m vid "J". Punkterna är i huvudsak valda för att fånga in de största bidragen från de dominerade vindriktningarna från sydväst till nordväst (stryklängd). Den modellerade signifikanta våghöjden visas som exempel i Figur 6 med en tidserie från år 1999 då Sydsverige drabbades av tre rejäla höststormar. En av dessa stormar har diskuterats vara århundradets storm (SMHI, 1999).

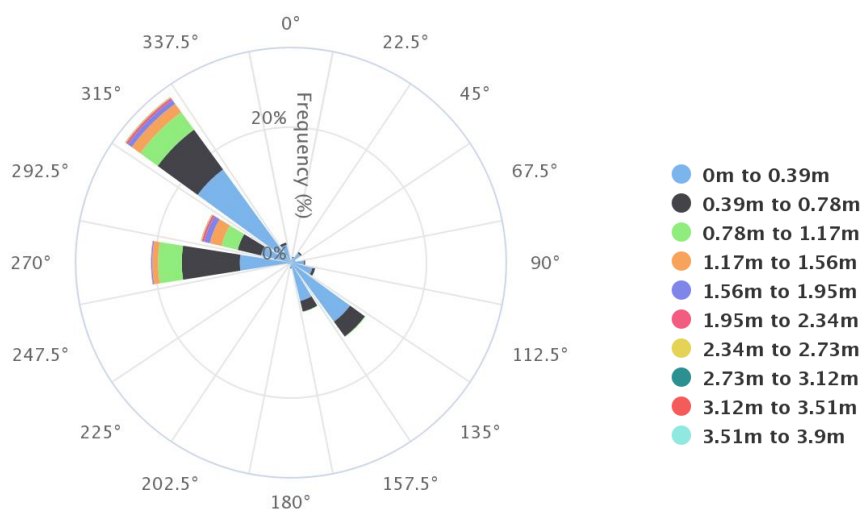


Figur 5 Förstoring av modellens batymetri (djup) och beräkningsnät i området.



Figur 6 Tidsserie av signifikant våghöjd utanför Höganäs kust på ca 20 m djup.

Höga vågor kommer i huvudsak från ett antal olika riktningar (sektorer). Från dataanalys av de punkterna kan det konkluderas att det är från den västliga till nordnordvästliga sektorn. Detta sammanfaller med när det blåser ordentligt från dessa riktningar. I Figur 7 nedan visas en vågros från punkten utanför Jonstorp. Vågrosen visar förekomsten av olika våghöjder uppdelat på riktning, som indikeras av de olika cirkelsektorerna. Riktning noll grader innebär att vågorna kommer från norr. Frekvensen (förekomsten av vågor från en viss sektor) indikeras av längden på cirkelsektorn. För varje riktning kan fördelning av våghöjd utläsas med hjälp av färgskalan.



Figur 7 Vågros för signifikant våghöjd utanför Jonstorp (i Skälderviken) på ca. 15 m djup. Denna visar hur ofta (andel av tiden) vågorna kommer från en viss riktning. Våghöjden, i varje sektor, anges i en färgskala.

Genom extremvärdesanalys av modellerad vågdata från de utvalda punkterna, har höjden för de signifikanta vågorna med olika återkomsttid beräknats. Som exempel i Jonstorp kan 10 års-vågen bli 3,5 m ute på ca 20 meters djup. Vågperioden för de högsta vågorna ligger runt 8 s. Denna typ av våg uppskattas till att kunna nå in till ca 6–7 meters djup innan den börjar påverkas av bottendjupet och slutligen bryter och förlorar höjd. Från det att vågen bryter sker våguppstuvning och våguppsköljning i dess fortsatta väg in mot strandlinjen. Våguppstuvningen kan ses som en vattenståndshöjning under den period som de extrema vågorna rullar in (under

stormens intensivaste skede) och våguppsköljningen är den nivå som vågen kan sköljas upp längst på den lutande stranden. Dessa fenomen kan beräknas på flera olika sätt. I föreliggande utredning har generella uppskattningar gjorts. Resultaten beror starkt på vågornas höjd, period och våglängd men också på strandens lutning och vilken typ av material den består av (SMHI, 2017a).

För våguppstuvning, vilket är mest användbart vid långgrunda stränder, kan det uppskattas att våghöjden omsätts till en vattenståndshöjning. I det aktuella fallet beräknas den enligt metodik presenterad i manual för kustingenjörer utgiven av US Army Corps of Engineers (2011) till runt eller strax under 1 m för bottenlutningar mindre än 1/10.

För våguppsköljning har antagits en hård och jämn strand med variabel lutning och beräkningarna har skett i enlighet med US Army Corps of Engineers (2011).

Refererade metoder ovan gällande våguppstuvning och uppsköljning finns även beskrivna i SMHI 2017a.

3.4 Erosionsuppskattning

Då det inte finns några vägledning eller rekommendationer kring metoder för att beräkna hur mycket strandlinjen kan förskjutas in mot land till följd av stigande havsnivåer har inte några ytterligare försök till beräkningar gjorts inom ramen för denna utredning.

Beräkningarna som gjordes 2017 (Sweco, 2017) visar att det är risk för att strandlinjen förskjuts omkring 150 m in mot land om kusten lämnas oskyddad och marken består av eroderbara material. Det finns ingen kunskap om hur lång tid det tar för stranden att förskjutas till följd av havsnivåns stigning.

I föreliggande utredning antas att erosionen kan bli ett allvarligt problem om kuststräckor som består av eroderbart material lämnas oskyddade, men att det inte går att göra några prognoser med en rimlig osäkerhet.

3.5 Grundvattennivåer

En framtida förändring av grundvattennivåerna kommer att ske till följd av högre temperatur och förändrade nederbördsmönster. Tidigare kommunövergripande klimatanalys från 2013 visade att grundvattennivåerna generellt kommer att sjunka i framtiden som en följd av att andelen vatten som är tillgängligt för grundvattenbildning minskar. Detta beror på att nettonederbörden (nederbörd – avdunstning) minskar, dvs. avdunstningen ökar mer, till följd av högre temperaturer, än nederbörden vilket resulterar i en negativ nettoeffekt.

I kustnära områden har dock havsnivån en stor påverkan på grundvattennivåerna. Framtida havsnivåhöjningar, i termer av medelnivå, kommer att medföra att grundvattennivåerna närmast havet kommer att höjas i samma storleksordning som höjningen från dagens medelnivå till framtida medelnivå. Extrema havsnivåer däremot påverkar inte grundvattennivåerna eftersom de är så kortvariga.

I föreliggande utredning har en analys av påverkan på framtida grundvattennivåer i Jonstorp gjorts med utgångspunkt från nivåer för framtida medelvattenyta år 2100 och 2200 för RCP-scenario 2.6 respektive 8.5 (se avsnitt 3.1).

Framtida medelvattenyta har relaterats till marknivån i kustnära områden för att beräkna djupet till grundvattenytan. Två gränser har satts för att indikera hur stor risken är för höga grundvattennivåer och negativa konsekvenser, se även i Tabell 2:

- **0,5 m.u.my. (m under markytan)** Indikerar områden med mycket ytlig grundvattennivå och hög risk för påverkan på grundmurar på befintlig bebyggelse.
- **1,5 m.u.my.** Denna nivå sammanfaller med ett generellt antagande om byggnaders och ledningars dräneringsdjup (ledning har en dränerande funktion via inläckage). En permanent grundvattennivå över denna nivå kan förväntas resultera i ett ökade dränflöden och inläckage vilket i sin tur ökar flödet till avloppsreningsverket. Husgrundsdräneringar och ledningsläckage förmodas neutralisera grundvattenhöjningens utbredning från havet de fall de (husgrundsdräneringen) är i bra skick. I annat fall kan det ge upphov till fukt i grundmurar och långvarig översvämning. Notera att hus med källare kan ha djupare dräneringsdjup än 1,5 m och kan därmed få problem även vid djupare grundvattendjup än denna klassning.

Hur grundvattnet reagerar på kortsiktiga havsnivåfluktuationer beror på de lokala geologiska förhållandena och dräneringsförutsättningarna (husgrund och ledningar). Att beskriva detta kräver en mer detaljerad utredning och ligger utanför föreliggande uppdrag.

Tabell 2 Gränser för de olika grundvattensklassningarna i de olika scenarierna och tidshorisonterna som visas i resultatkartorna.

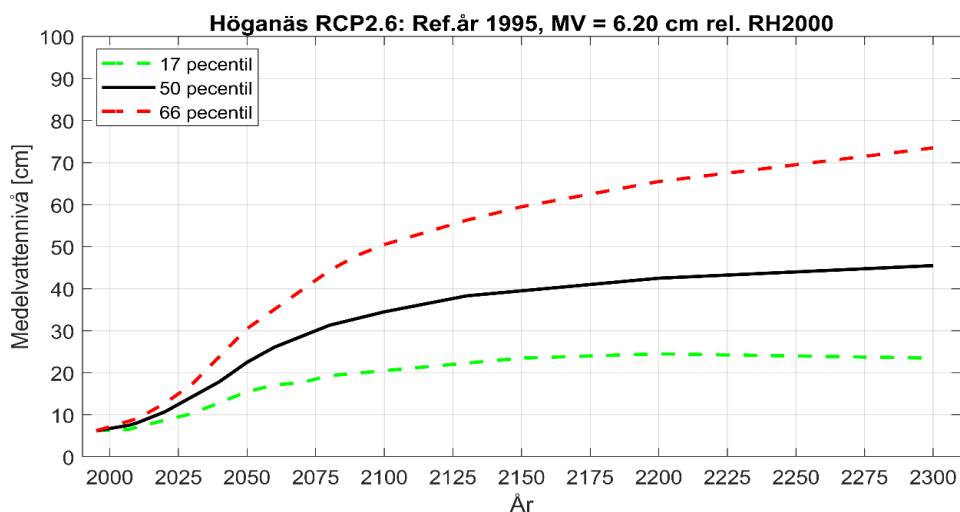
	Nivå i RH2000 som motsvarar klassningen			
	2100		2200	
	RCP2.6	RCP8.5	RCP2.6	RCP8.5
Över markytan	0,41	0,82	0,49	1,9
0-0,5 m under markytan	0,91	1,32	0,99	2,4
0,5-1,5 m under markytan	1,91	2,32	1,99	3,4

4 Resultat – övergripande

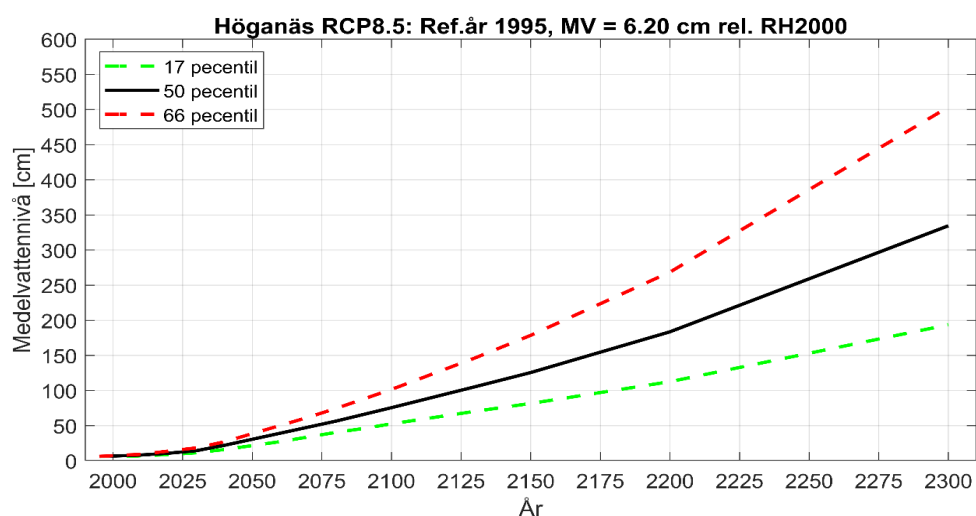
4.1 Havsnivåer

Prognosen för ökningen av medelhavsnivån de kommande 300 åren, baserat på de senaste siffrorna från IPCC, för Höganäs kommun visas i Figur 8 (RCP2.6) och Figur 9 (RCP8.5). I scenariot RCP2.6 planar höjningen ut om ca hundra år på omkring 0,4 m (RH2000). I RCP2.6 är det mycket sannolikt att nivån inte överstiger 1 m (RH2000) även om man tittar på den högsta delen av sannolikhetsspannet.

För RCP8.5 ser prognosen betydligt annorlunda ut. I det scenariot planar inte medelnivåns stigning ut inom de närmaste 300 åren. Medelprognosen hamnar där på drygt 3 m (RH2000) och kan hamna på uppåt 5 m (RH2000) om de högre delarna av sannolikhetsspannet tas i beaktande. I ett sådant scenario skulle ett stort antal kuststäder i världen hamna under vatten och konsekvenserna blir mycket stora.



Figur 8 Den framtida medelvattennivån för IPCC scenario RCP2.6 för Höganäs kommun fram till år 2300. Den svarta linjen visar centralestimatet med övre (röda streck) och undre (gröna streck) konfidensintervall.



Figur 9 Den framtida medelvattennivån för IPCC scenario RCP8.5 för Höganäs kommun fram till år 2300. Den svarta linjen visar centralestimatet med övre (röda streck) och undre (gröna streck) konfidensintervall.

Tabell 3 De beräknade framtida medelvattennivåerna (RH2000) för RCP2.6 och RCP8.5, med hänsyn tagen till den lokala landhöjningen, i Höganäs kommun. Det övre och undre gräns för sannolika nivåer är också presenterade.

YEARS	RPC2.6 medel	RPC2.6 undre	RPC2.6 övre	RPC8.5 medel	RPC8.5 undre	RPC8.5 övre
2020	0,11	0,09	0,13	0,11	0,09	0,14
2050	0,23	0,16	0,31	0,31	0,22	0,39
2100	0,35	0,21	0,51	0,76	0,53	1,02
2200	0,43	0,25	0,66	1,84	1,13	2,69

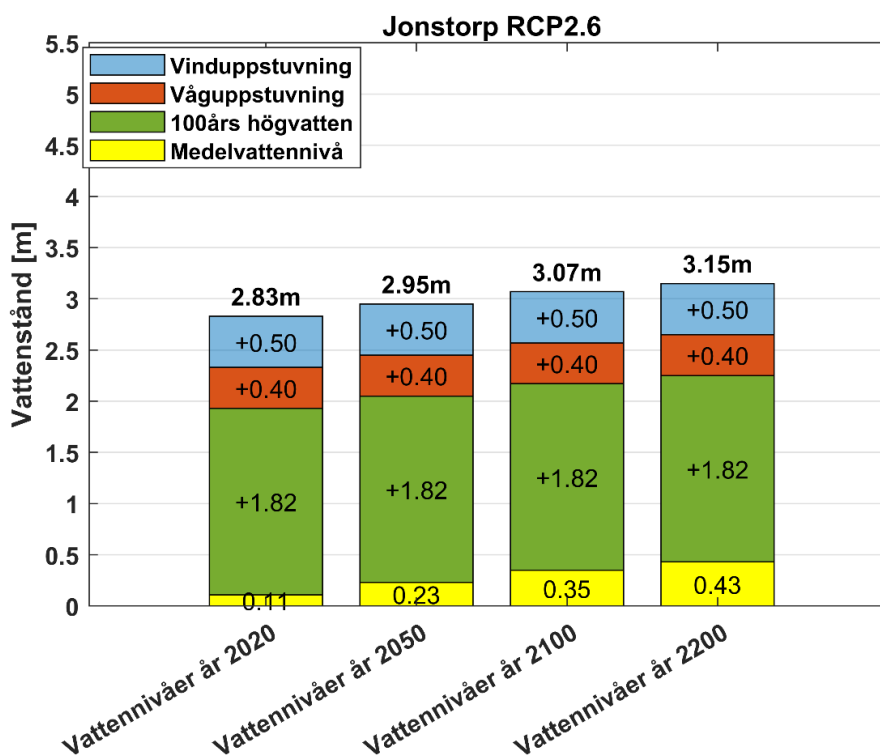
Olika återkomstperioder för vattenståndet visas också i tabellform nedan (Tabell 4). Notera att det inte är någon större skillnad mellan nivån på återkomsttiden för 100 år och återkomsttiden för 200 år. Detta beror troligtvis på att stormarna inte kan förväntas bli särskilt mycket starkare på platsen. På grund av avsaknad av en längre mätperiod och observationer av väldigt extrema nivåer samt det faktum att det inte blir någon större skillnad i nivån för återkomsttider över 100 år rekommenderas inte att nivåer för längre återkomsttider än så används.

Tabell 4 Olika nivåer för återkomstperioder för högvattnet i Viken (nivåer relativt RH2000)

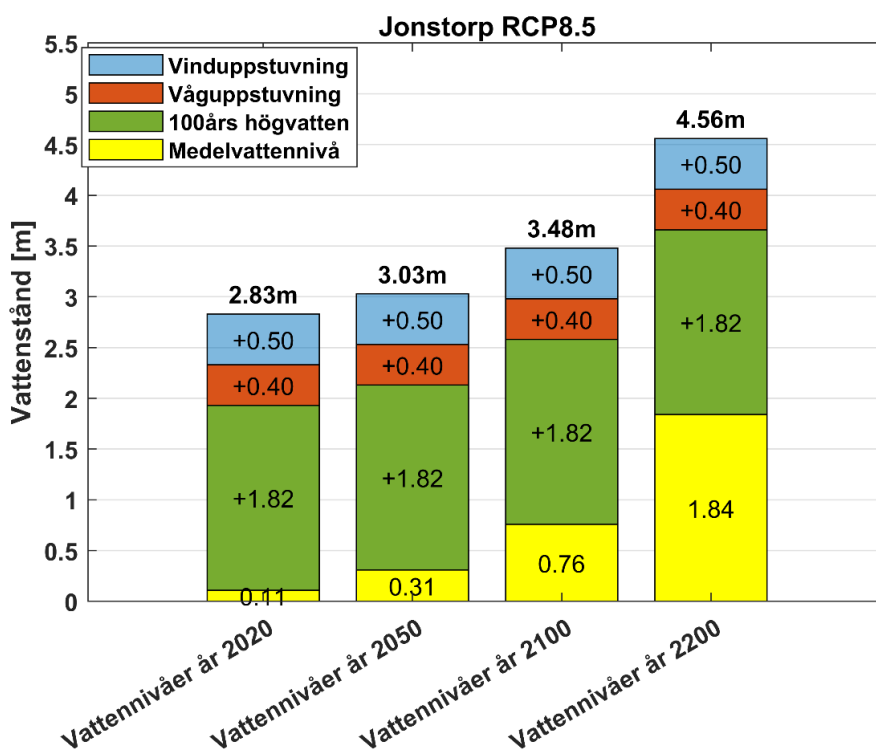
År	Nivå [m]
1	1.07
5	1.37
10	1.50
100	1.82
200	1.89

Medelnivån, 100-års högvatten, våguppstuvningseffekt och vinduppstuvningseffekt för RCP2.6 och RCP8.5 i Jonstorp för år 2020 (nuläge), 2050, 2100 och 2200 redovisas i Figur 10 respektive Figur 11. Den sammanlagda nivån från dessa bidrag är mest intressant vid dimensionering av skydd nära kustlinjen, medan vågeffekterna blir försumbara en bit in på land eftersom våghöjden reduceras då vågen bryter på grunt vatten. Den sammanlagda högsta stormnivån, inklusive våg- och vindeffekter, för år 2200 hamnar på 3,15 m (RH2000) och 4,56 m (RH2000) för RCP2.6 respektive RCP8.5.

Den maximala uppskattade nivån orsakad av vinduppstuvning (50 cm, blå) baseras på en jämförelse av uppmätta nivåer vid storm, se avsnitt 3.2.

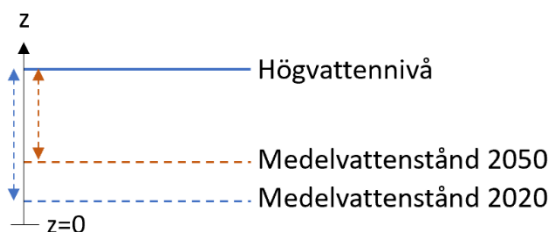


Figur 10 Bidragande komponenter till framtida möjlig vattenståndsökning i Jonstorp med klimatscenario RPC2.6 i grunden. Ingående komponenter är medelvattenstånd (gult), 100-års högvatten (grönt), våguppstuvning (rött) samt vinduppstuvning (blått).



Figur 11 Bidragande komponenter till framtida möjlig vattenståndsökning i Jonstorp med klimatscenario RPC2.6 i grunden. Ingående komponenter är medelvattenstånd (gult), 100-års högvatten (grönt), våguppstuvning (rött), samt vinduppstuvning (blått).

De framtida högre medelvattenstånden förkortar återkomsttiden för ett högvatten på en viss nivå, så att en ovanlig händelse idag blir vanligare i ett framtida klimat. Detta beror på att avståndet till en viss högvattennivå krymper när medelvattenståndet höjs, se schematisk skiss nedan.

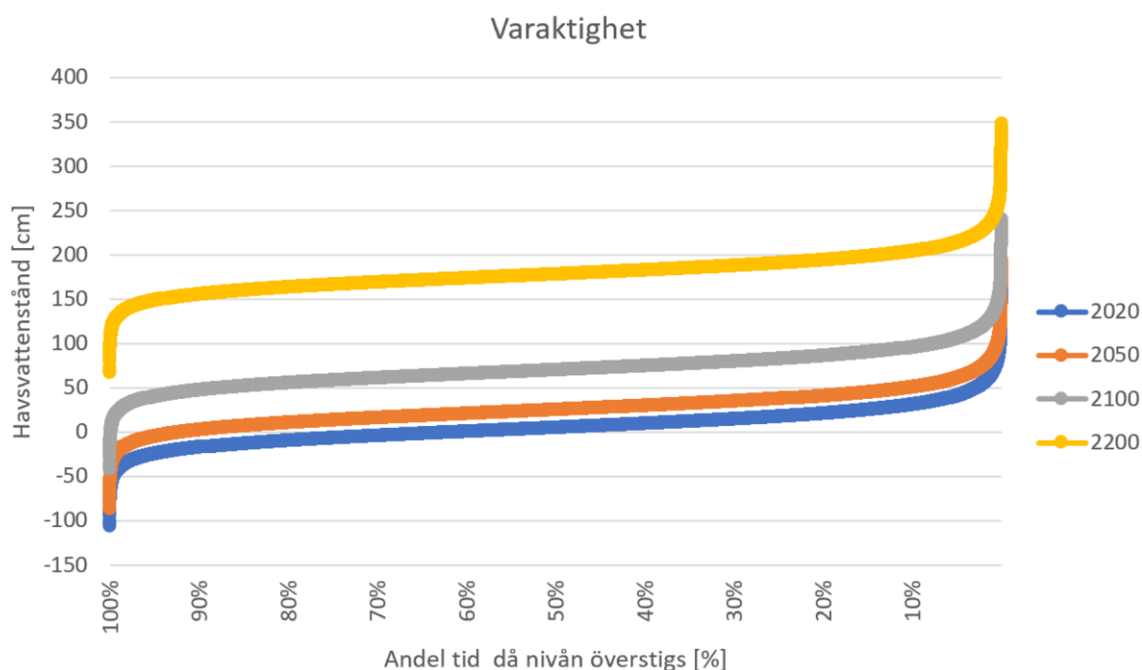


I Tabell 5 anges framtida återkomsttider (RCP8.5) för ett vattenstånd som i dagsläget (2020) är en 10-, 25- eller 50-års-händelse. Ett högvatten som 2020 har en återkomsttid på 10 år kan 2050 ha en återkomsttid på 4 år. Samma nivå kan bli så vanlig år 2100 att återkomsttiden blir mindre än ett år. Ett nutida 50-års-högvatten kan år 2100 få en återkomsttid på ett år.

Tabell 5 Framtida återkomsttider baserat på RCP8.5 för Höganäs motsvarande dagens 10-, 25- och 50-årshändelser avseende havsvattenstånd. De framtida återkomsttiderna har markerats med röd bakgrundsfärg för att markera att osäkerheten blir större för prognoserna längre fram i tiden.

	Återkomsttider [år]		
2020	10	25	50
2050	4	8	12
2100	<1	<1	1
2200	<1	<1	<1

Hur stor andel av tiden ett visst vattenstånd överstigs för nutid samt för 2050, 2100 och 2200 (RCP8.5) visas i Figur 12. Notera att detta inte är årsmax utan varje enskild mätdatapunkt.



Figur 12 Varaktigheten för vattenstånd vid Viken visas för 2020 (baserat på SMHI's mätdata 1977-2020) samt motsvarande för framtida nivåer (scenario RCP8.5).

Exempel på varaktighet för 0,5 m; 0,75 m och 1 m anges i Tabell 6. Varaktigheten innebär att 0,5 m överstigs 3% av tiden 2020, vilket motsvarar knappt 11 dagar på ett år. 2050 ökar denna andel till 11%, vilket motsvarar drygt 40 dagar över ett år. RCP8.5 förutspår en stor höjning av medelvattennivån till år 2200 (se Figur 3), vilket innebär att 1 m överstigs 100% av tiden enligt detta scenario.

Tabell 6 Varaktighet för tre nivåer baserat på SMHI's uppmätta vattenstånd vid Viken, samt RCP8.5 för framtida nivåer. Röd bakgrundsfärg har använts för att markera att osäkerheten blir större för prognoserna längre fram i tiden

	Nivå [m] och varaktighet [%]		
	0,5 m	0,75 m	1 m
2020	3%	1%	<1%
2050	11%	2%	<1%
2100	88%	40%	8%
2200	100%	100%	100%

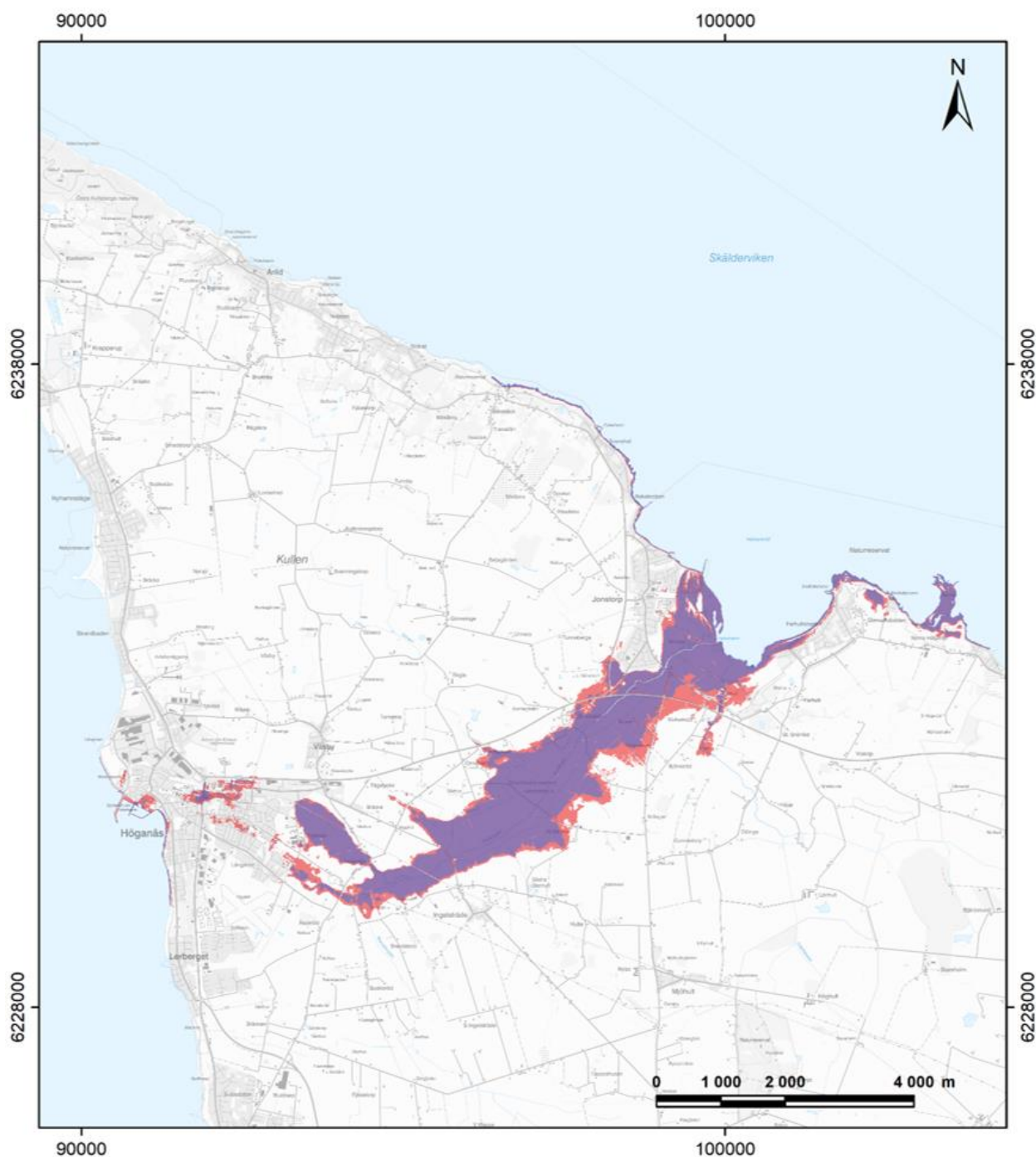
4.1.1 Översvämningsytor, kartfigurer

I kartorna som visar översvämningsytor till följd av stigande havsnivåer och stormnivåer visas endast nivåerna till följd av medelvattenståndet och stormnivån samt vinduppstuvning. I Jonstorp är effekten av vinduppstuvning relevant eftersom denna höjer hela vattennivån och inte är kopplad till våghöjder. Vågeffekter är endast relevanta nära kustlinjen eftersom vågorna bryts och dess energi minskas då de kommer in till grunda områden och spolats in över land. Vågeffekterna är däremot viktiga att räkna med vid dimensionering av eventuella framtida kustskydd om dessa placeras vid kustlinjen, se avsnitt 4.2.

Kartorna visar även "översvämmade" områden som inte har kontakt med havet. Om bara översvämningsrisken på ytan från havet behöver analyseras är dessa områden inte relevanta. Det är dock bra att notera att dessa områden ligger lågt, vilket är en risk i sig, både vad gäller höga grundvattenområden, skyfall och anger även områden där vatten kan bli instängt vid en högre översvämmning då vatten från havet kan nå dessa områden.

I Figur 13 visas de områden som beräknas översvämmas vid en stormnivå på 100 års återkomsttid år 2100 i Höganäs och Jonstorp (i denna karta utan vinduppstuvningseffekter). Notera att det inte är någon dynamik medräknad i resultaten. I verkligheten så uppstår extrema nivåer endast under en kortare period, ofta bara under några timmar och då hinner inte översvämmningen nå så långt upp på land på grund av friktionen mot marken och det som står i vägen. Därav beslutet att inte visa tillägget för vinduppstuvningen i den övergripande kartan.

Det viktigaste att notera på den övergripande kartan är sambandet mellan Jonstorp och Höganäs.



Medelvattenstånd 2100 + 100-års högvatten - Översikt

- RCP2.6
- RCP8.5



SWEREF99 13 30
albe 2021-05-04

Figur 13 Översikt över områden som översvämmas i Höganäs och Jonstorp vid en storm med 100 års återkomsttid år 2100 för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren. Vinduppstuvning är dock ej inkluderad i figuren.

4.2 Vågeffekter

De högsta vågorna som kommer in mot kusten i Jonstorp är omkring 3,5 m höga och har en period på ca 8 s. Detta är för svenska vatten relativt långa vågor och har därmed en potential att bidra med ett icke försumbart bidrag till den totala vattenståndshöjningen vid kusten.

Från analysen av vågorna som kommer in mot land har det antagits att våguppstuvningen kan delas in i två delar. En medelvåguppstuvning som har en relativt längre varaktighet än den dynamiska våguppstuvningen. Den första delen bidrar med en nivå på ca 1 m. Denna del är med i mätningarna av vattenståndet i Viken, vilket gör att dessa innehåller bidrag från både meteorologiska- och vågeffekter på högvattnet. Vi kan alltså inte skilja dessa åt vid beräkningarna av nivåerna för olika återkomsttiden på det uppmätta högvattnet. Däremot är det möjligt att lägga till skillnaden mellan den dynamiska delen och medelbidraget av den dynamiska uppstuvningen. Detta bidrag blir ca 0,4 m för Jonstorp (se Figur 14).

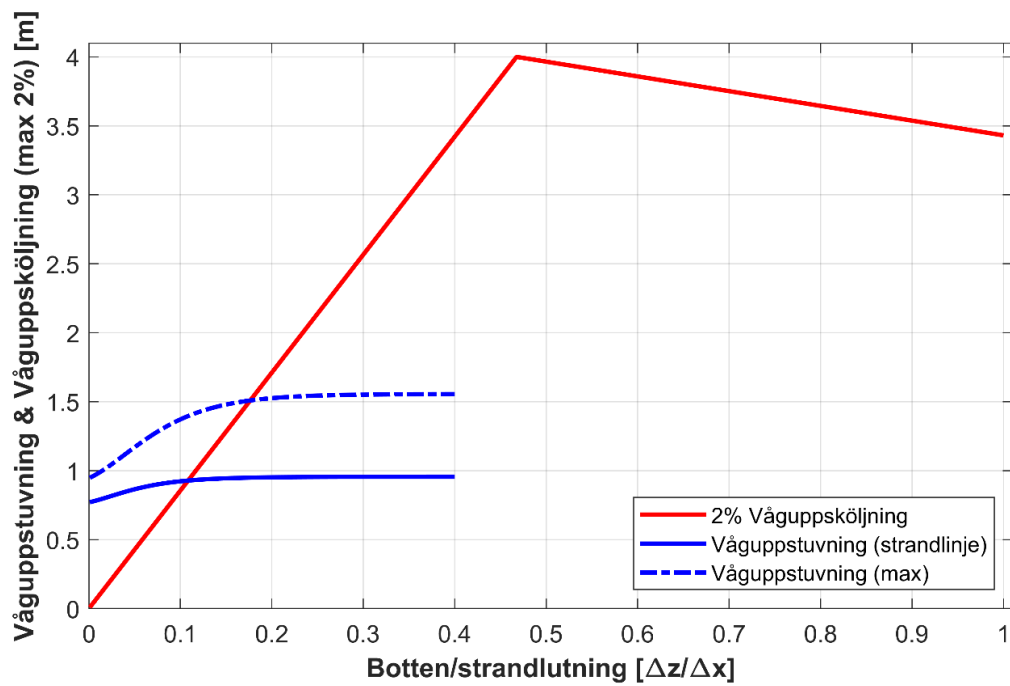
Bidraget från vågorna i denna studie är uppskattade från empiriska relationer och som gör att det möjligt att få en relativt enkel uppskattning av nivåerna vid strandlinjen. Det är viktigt att poängtera att en noggrann analys av vågornas bidrag behövs då man planerar skyddsåtgärder vid specifika platser vid kusten. Det finns stora variationer i hur bottendjupet ändras in mot land, samt hur strandplanet lutar i olika områden, och det bestämmer mycket hur vågorna påverkas.

Resultatet av våguppstuvningsberäkningarna kan ses i Figur 14 nedan och visar hur högt de största 2% av våguppstuvningarna kan nå vid olika lutning i strandzonen. Uppsköljningen är en momentan händelse och sker med en period av samma storleksordning som vågperioden. Stränder med mer poröst och grövre material skulle denna graf ge lägre värden.

Från Figur 14 är antaget en signifikant våghöjd på 4,0 m, vågperiod 8 s och våglängd på 100 m då den börjar få bottenkänning vid 15 m men bryter helt vid ca 3-4 m vattendjup. Det kan ses att för flacka stränder med en lutning under 1/10 blir våguppstuvning vid strandlinjen ca 1,0 m. Denna komponent är som nämnts tidigare inkluderad i mätningarna från Viken och ingår därmed redan i 100-årsnivån.

Den maximala våguppstuvningen är framtagen med antagandet att stranden fortsätter med samma lutning som botten och är en dynamisk komponent med en period ca 10–20 ggr den inkommande vågperioden. För stränder med en lutning upp till max 1/10 (1 meter vertikalt för 10 m horisontellt) så är bidraget 1,5 m. Våguppstuvning är således mest påtaglig vid branta stränder där lutningen överstiger 1/10.

Den maximala våguppstuvningen är som nämnt en dynamisk komponent, som i detta fall utanför Jonstorp har en period på storleksordningen minuter. Som nämnts tidigare är det antaget att "medelvåguppstuvningen" finns med i vattenståndsmätningarna då den ofta har en period på längre än flera timmar. Däremot antas den dynamiska delen av våguppstuvningen behöva läggas till och har baserat på kapitel 3.3 uppskattats till som mest 0,4 m för Jonstorp (Figur 10).



Figur 14 Våguppstuvning (blå heldragen och streckad linje) och våguppspolning (röd linje) för Jonstorp för inkommande vågor med signifikant höjd 3.5m och period 8s.

5 Resultat Jonstorp

5.1 Stigande medelhavsnivå och extrema stormnivåer

För att ta hänsyn till vinduppstuvning har en extra nivå på 50 cm lagts till de extrema nivåerna i Jonstorp.

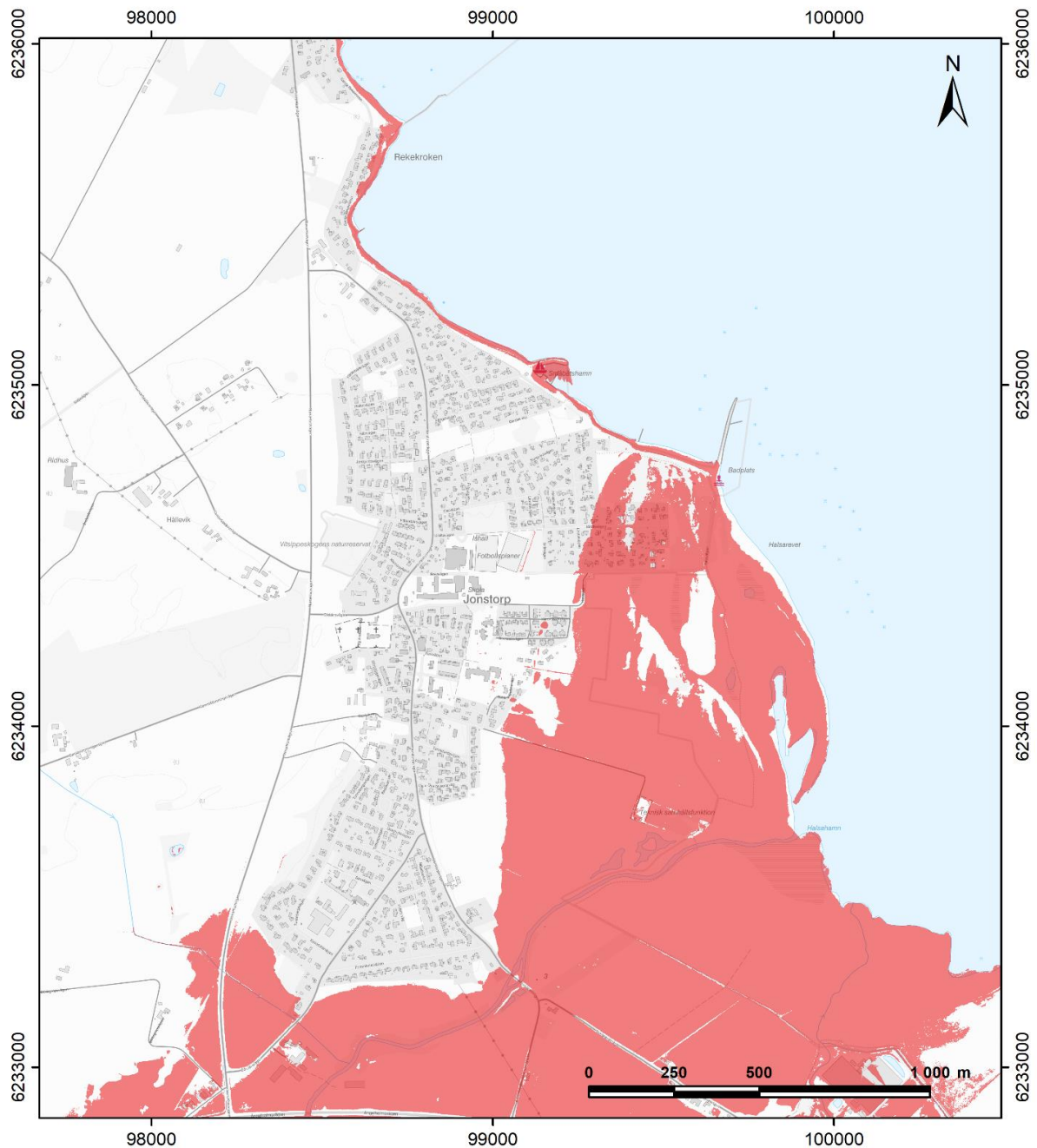
Under följande delkapitel redovisas kartor för översvämningsscenarier vid stormar i Jonstorp för nuläge, år 2050, år 2100 och år 2200 för RCP2.6 och RCP8.5. Nivåerna som kartorna baseras på redovisas i Tabell 7. Notera att vinduppstuvningseffekter är medräknade i dessa kartor. Vid kustlinjen kan dessutom högre nivåer uppstå till följd av vågeffekter.

Översvämningssytor för enbart medelhavsnivåerna presenteras i grundvattenkartorna i avsnitt 5.4.

Tabell 7 Gränser för de olika översvämningssytorna i de olika scenarierna och tidshorisonerna som visas i resultatkartorna för Jonstorp.

(m, RH2000)	RCP2.6				RCP8.5			
	2020	2050	2100	2200	2020	2050	2100	2200
Medelvattenyta	0,11	0,23	0,35	0,43	0,11	0,31	0,76	1,84
100-års högvatten	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
Vinduppstuvning	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Summa	2,43	2,55	2,67	2,75	2,43	2,63	3,08	4,16

5.1.1 Nuläge år 2020



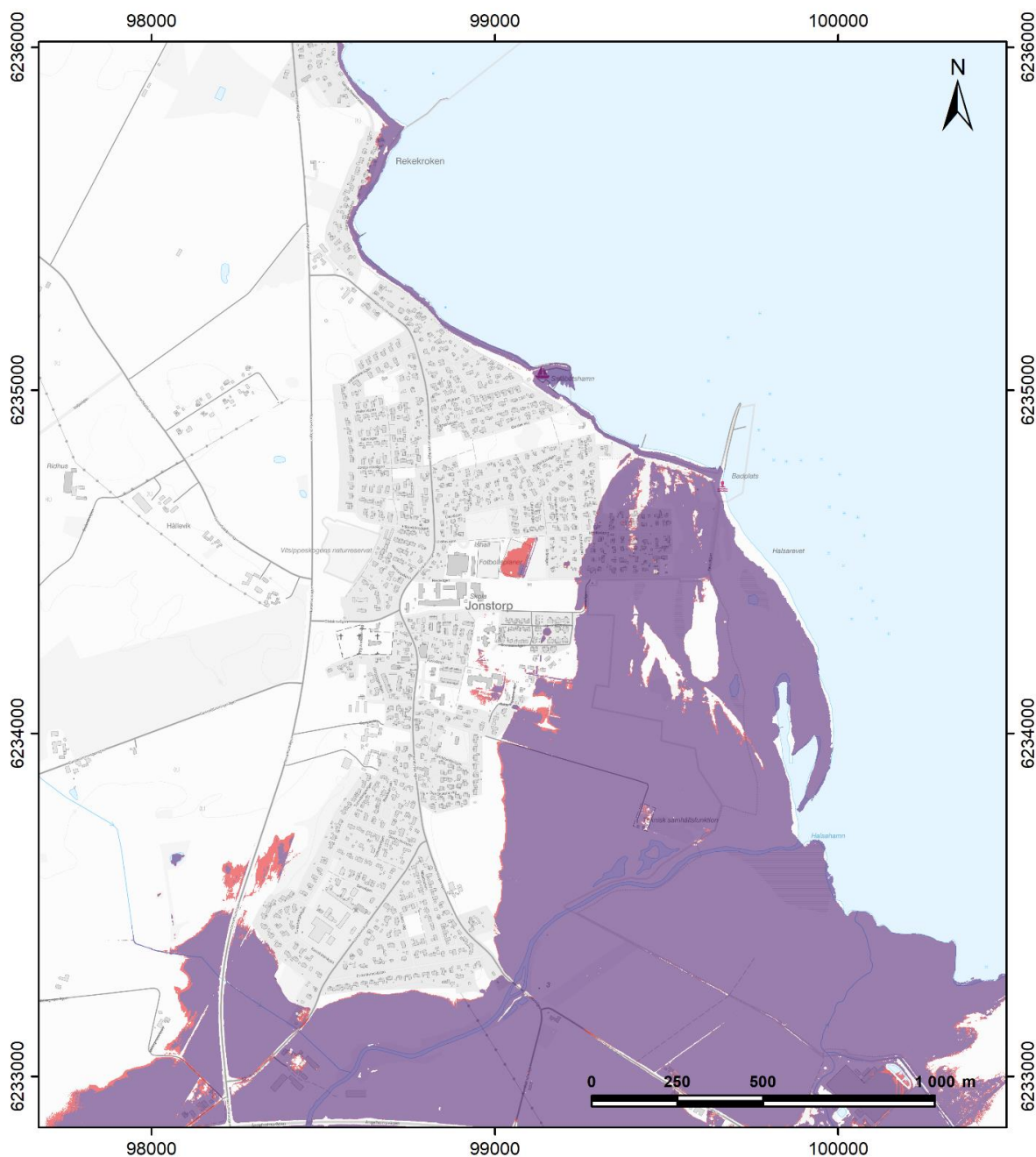
Medelvattenstånd nuläge (2020) + 100-års högvatten



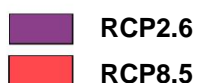
SWEREF99 13 30
albe 2021-05-07

Figur 15 Medelvattenstånd nuläge (2020) + 100-års högvatten. Notera att även lågt liggande översvämningssytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.

5.1.2 Prognoser år 2050

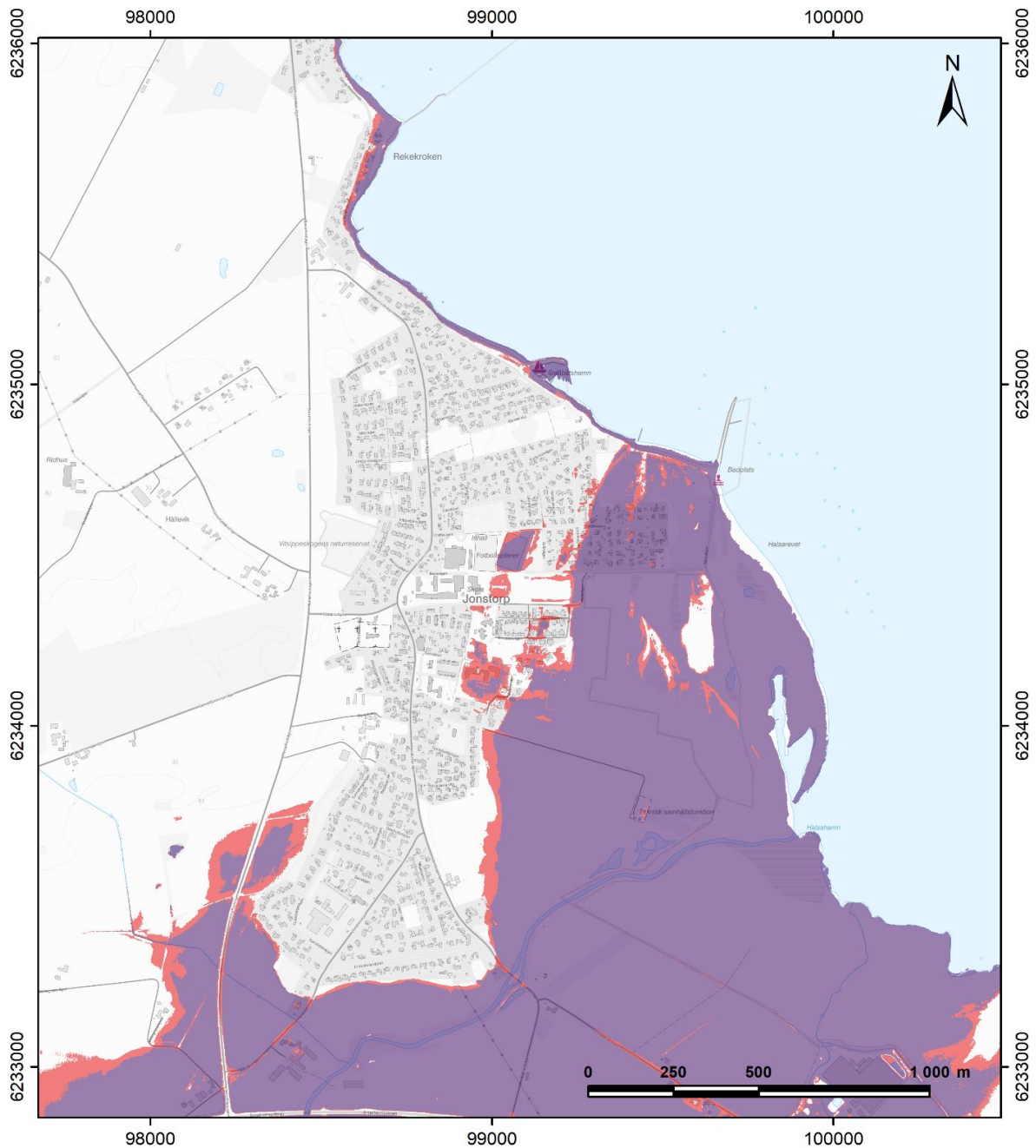


Medelvattenstånd 2050 + 100-års högvatten




Figur 16 Medelvattenstånd 2050 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvåmningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.

5.1.3 Prognoser år 2100



Medelvattenstånd 2100 + 100-års högvatten

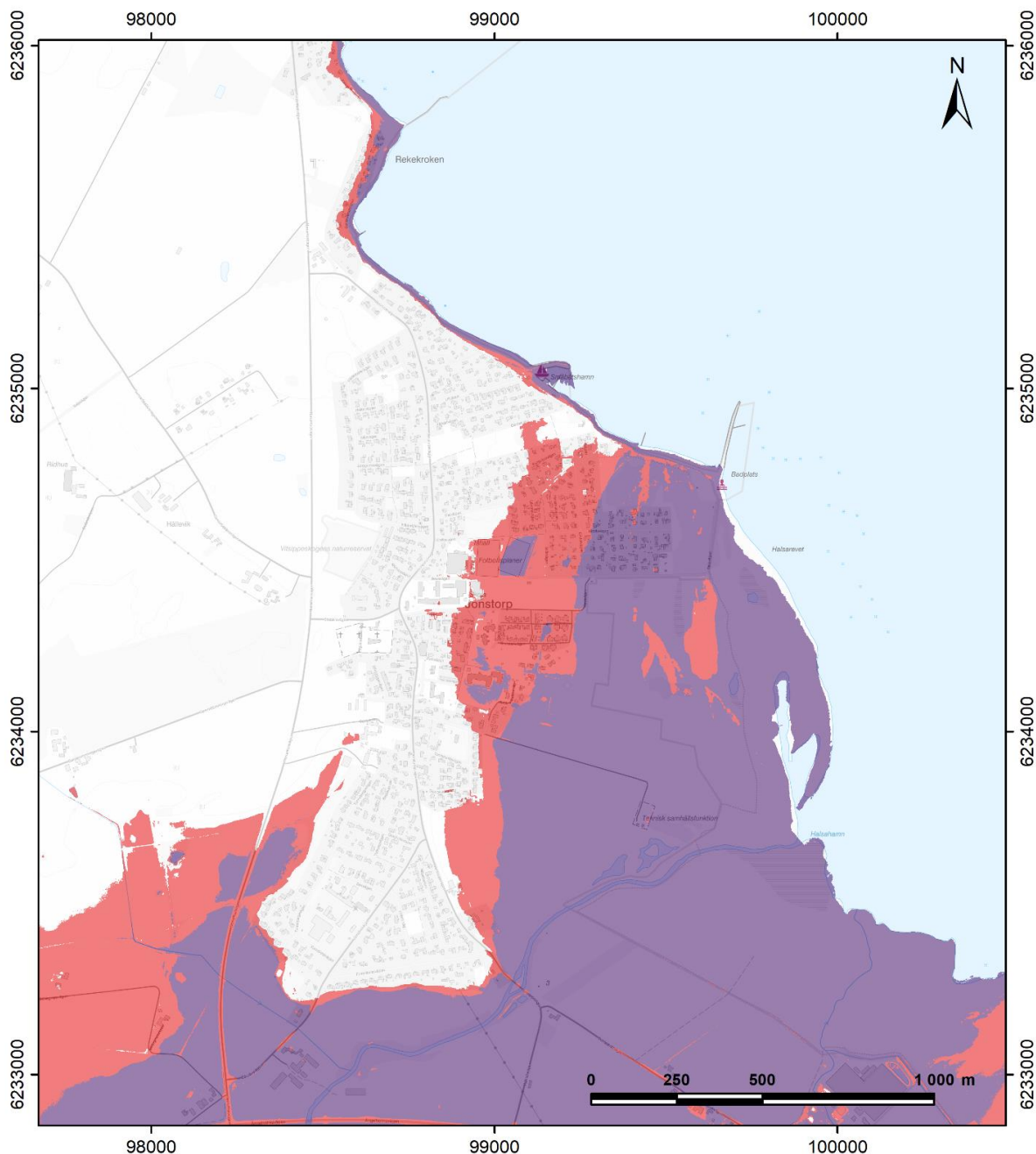
 RCP2.6
 RCP8.5



SWEREF99 13 30
albe 2021-05-07

Figur 17 Medelvattenstånd 2100 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.

5.1.4 Prognoser år 2200



Medelvattenstånd 2200 + 100-års högvatten

- RCP2.6
- RCP8.5



SWEREF99 13 30
albe 2021-05-07

Figur 18 Medelvattenstånd 2200 + 100-års högvatten för RCP2.6 och RCP8.5. Notera att även lågt liggande översvämningsytor i figuren utan kontakt med havet visas. Ytorna i figuren representerar inte dynamiska förlopp, se förklaring i avsnitt 4.1.1. Den faktiska ytan kan därför bli mindre än i figuren.

5.2 Vågeffekter

Vågeffekter i form av våguppstuvning kan uppstå i hela översvämningssområdet i Jonstorp och blir som mest 0,4 m utöver det prognostiserade medelvattenståndet och 100-årshögvattnet som nämnts tidigare. Notera att det inte utretts vad sannolikheten är att maximal våguppstuvning uppstår samtidigt som toppen på ett 100-årshögvatten.

Som beskrivits i kapitel 4.2 kan vågor bidra till översvämning genom våguppspolning om de når över en tröskel. Någon sådan tröskel finns dock vare sig i Jonstorp eller Höganäs. Detta gör att våguppspolningen enbart kan ge problem med uppspolad tång och sand.

De högsta vågorna i Skälderviken har riktningar som inte är riktade mot Jonstorp vilket gör att vågeffekterna blir mildare. Dessutom finns det både vågbrytare väster och Öster om Jonstorp vilka dämpar vågorna ytterligare. Vidare är det mycket långgrund utanför Jonstorp vilket gör att vågorna bryts en bra bit ut från kustlinjen. Våguppspolning borde därmed inte utgöra något relativt stort problem för Jonstorp.

5.3 Erosionsuppskattning

Som beskrivits tidigare har inga ytterligare försök till erosionsuppskattningar gjorts inom innevarande utredning. Detta då det inte finns några rekommenderade metoder eller möjligheter att på ett tillräckligt säkert sätt göra prognoser inom detta område.

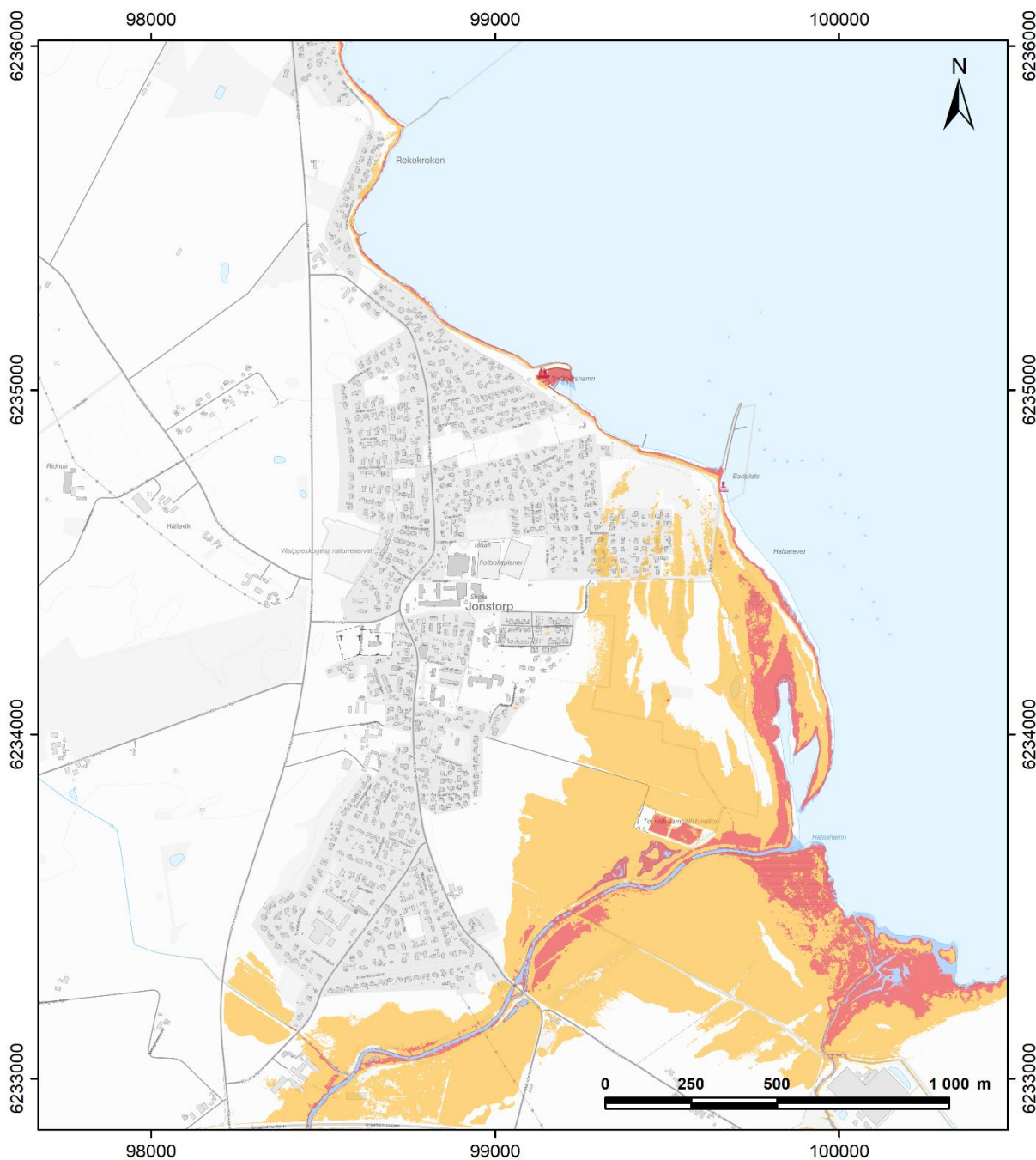
Det är dock mycket sannolikt att en förhöjd havsytta kommer att leda till betydande erosionsproblematik i områden med eroderbara material längs kusten. För Jonstorp är dessa risker lokaliserade till de områden som idag saknar erosionsskydd i kustlinjen. Väster om hamnen finns områden med erosionsbenägen mark som sammanfaller med bebyggelse nära havet. Där det idag är problem med erosion är det också större risk för ökande erosion än områden där det idag sker en ackumulation (påbyggnad).

5.4 Grundvattennivåer

I Figur 19 – Figur 22 redovisas havets framtida medelvattenyta i relation till markytans nivå för år 2100 och 2200 för klimatscenario RCP2.6 respektive 8.5. Detta kan antas spegla en framtida grundvattennivå i form av djupet till grundvattenytan för en situation utan någon dränering från vare sig husgrund eller ledningar. Detta ligger till grund för en översiktlig riskbedömning för framtida höga grundvattennivåer. Notera att hus med källare kan ha djupare dräneringsdjup än 1,5 m och kan därmed få problem även vid djupare grundvattendjup än denna klassning.

För den befintliga bebyggelsen i Jonstorp ses ett tydligt framtida problemområde vid Revavägen och Lindesvägen. För klimatscenario RCP2.6 är påverkan begränsad men för scenario RCP8.5 ses en grundvattennivå över dräneringsdjup år 2100 (Figur 20) och år 2200 ligger grundvattenytan i nivå med eller över markytan inom stora delar av området (Figur 22). För båda klimatscenerierna och årtalen kan en mycket yttlig grundvattennivå förväntas längs med Görslövsån och dess mynningsområde. För RCP8.5 år 2200 ses att havets medelvattenyta ligger permanent över markytan i området.

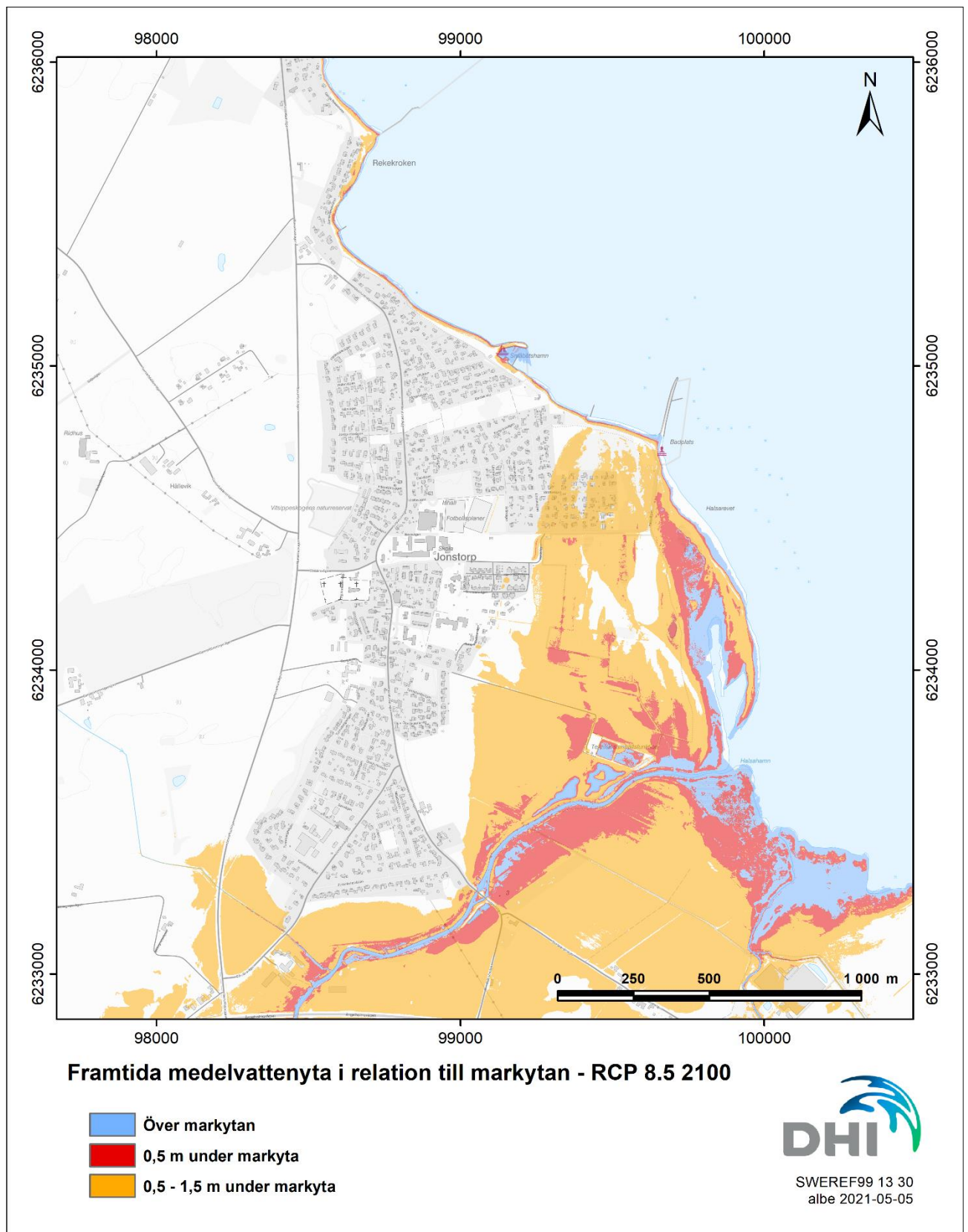
5.4.1 Prognoser år 2100



Framtida medelvattenyta i relation till markytan - RCP 2.6 2100

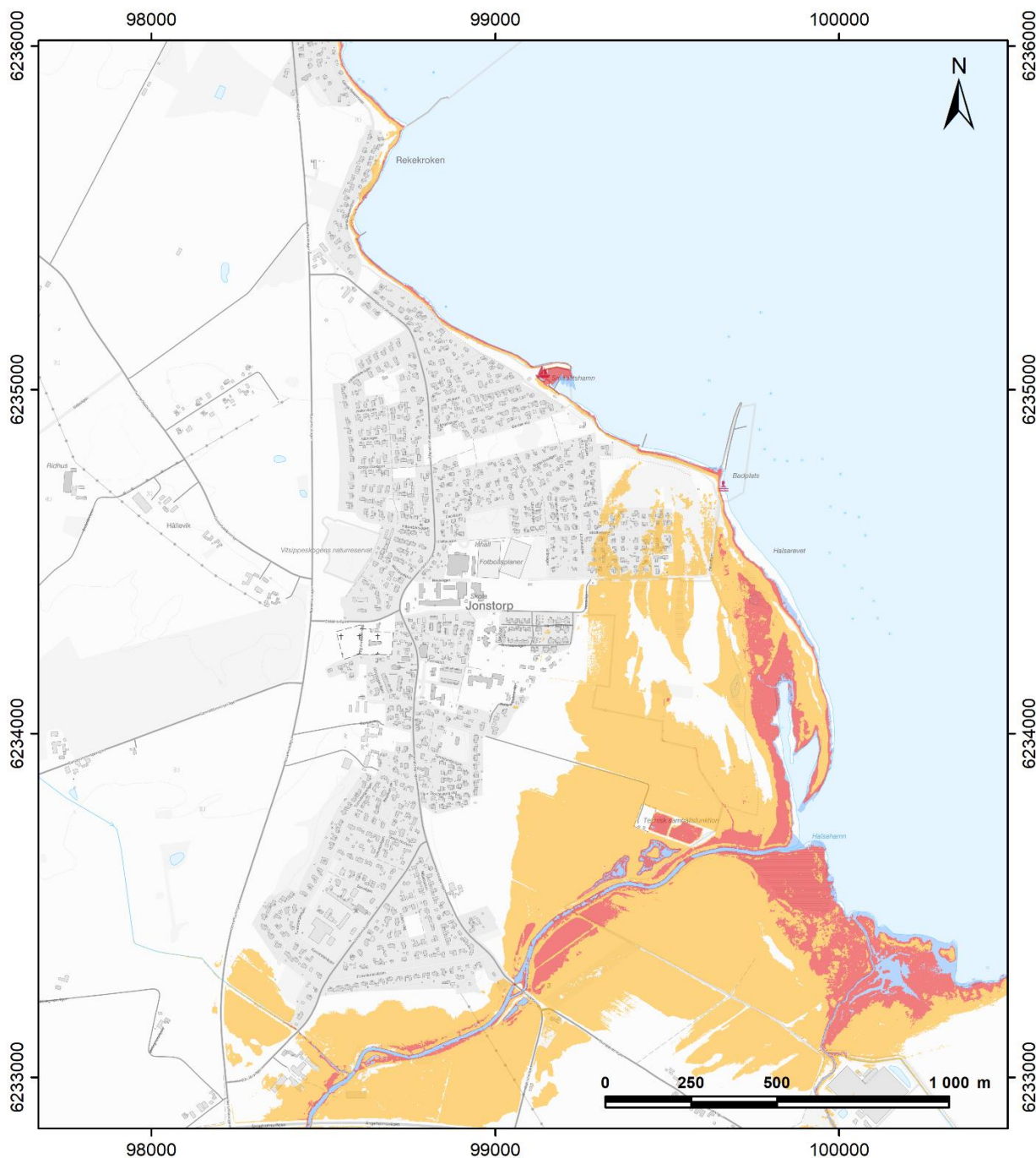
- Över markytan
- 0,5 m under markyta
- 0,5 - 1,5 m under markyta

Figur 19 Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP2.6 år 2100.



Figur 20 Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP8.5 år 2100.

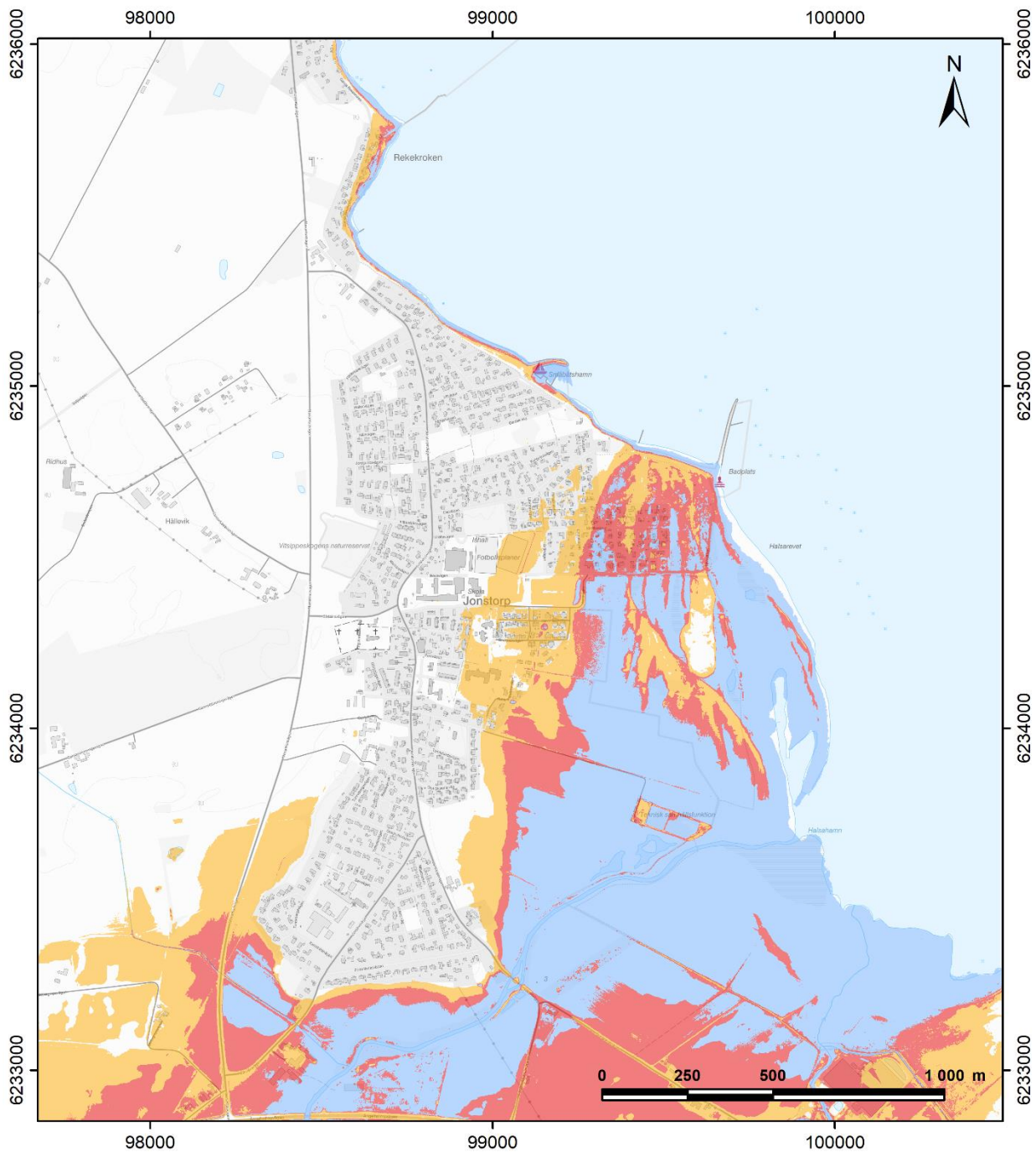
5.4.2 Prognoser år 2200



Framtida medelvattenyta i relation till markytan - RCP 2.6 2200

- Över markytan
- 0,5 m under markyta
- 0,5 - 1,5 m under markyta

Figur 21 Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP2.6 år 2200.



Framtida medelvattenyta i relation till markytan - RCP 8.5 2200

- Över markytan
- 0,5 m under markyta
- 0,5 - 1,5 m under markyta



SWEREF99 13 30
albe 2021-05-05

Figur 22 Framtida medelvattenyta i relation till markytan för scenario RCP8.5 år 2200.

5.5 Jonstorp – sammanfattning

När det gäller medelvattennivåerna för Jonstorp utgör de inga översvämningsproblem förrän år 2200 i RCP8.5. I det scenariot ligger flera kvarter i öster, kring Idrottsvägen, permanent under vatten. Marken blir dock snabbt högre och stora delar av Jonstorp är beläget på över 5 m. 3-meters kurvan går ungefär där Lindesvägen möter Idrottsvägen.

Höga grundvattennivåer till följd av stigande medelhavsnivå kan ge problem i samma område redan år 2100 i både RCP2.6 och 8.5 men i lite större omfattning i den senare. År 2200 är problemen större och framför allt i RCP8.5 är det problematiskt höga grundvattennivåer i området då.

Vid ett 100-års högvatten beräknas det bli problem vid Idrottsvägen redan idag och det är bara en liten ökning av översvämningsområdet till år 2100. Däremot är översvämningsområdet i östra Jonstorp större år 2200 vid RCP8.5.

Våguppspolningen förväntas inte leda till några större problem med vågöverspolning, eftersom det inte finns någon tröskel som kan spolats över.

Däremot kan vågor orsaka erosion i strandlinjen som kommer förvärras i framtiden på de sträckor som redan idag är erosionsutsatta. Ytterligare områden kan komma att påverkas negativt av erosion men det är svårt att prognostisera.

6 Diskussion och slutsatser

Det är viktigt att vara medveten om de osäkerheter som finns när det gäller klimatrelaterade prognoser. Men lika viktigt är det att vara medveten om de parametrar som inte är osäkra – topografin är uppmätt och säker och lågt liggande områden är alltid utsatta för översvämningsrisker medan högre områden ligger bättre till. Således är större delen av Jonstorp på säker mark. För de östra delarna av Jonstorp skulle ett längre kustskydd behövas för att skydda från både havet och Görslövsåns dalgång.

Vi bedömer utifrån beräkningarna i denna utredning och tillgängliga prognoser att de största översvämningsriskerna på längre sikt är i Höganäs tätort östra delar då vattnet kommer in från öster. Kan man via någon redan idag upphöjd vägbank stoppa översvämningsrisken från öster vore detta lämpligt.

Återkomsttid för händelser är viktiga i riskbedömningar. En händelse som inträffar allt för ofta, även om den är relativt ringa, kan vara ett större problem än en händelse som inträffar mer sällan men är av större magnitud. När det gäller magnitud är också djupet på översvämningen viktig att ta hänsyn till. Någon decimeter tillfällig översvämning påverkar kanske grund och källare i byggnader, medan en halvmeter gör det omöjligt att ta sig fram med utryckningsfordon etc.

Varaktighet av riskerna är också viktiga att ta hänsyn till. Ett tillfälligt högvatten varar under några timmar och upp till något dygn, medan stigande medelhavsnivåer är permanenta och likaså om marken eroderar bort.

En högre medelhavsnivå kan också orsaka saltvatteninträngning till kustnära brunnar.

När det gäller erosion är osäkerheterna i prognoserna mycket stora, där kan man bara vara medveten om problematiken och se till att de kuster där man vill förhindra att strandlinjen förflyttar sig inåt land är skyddade. Detta gäller såklart bara om det finns ett erosionsproblem på sträckan.

Det är också viktigt att poängtera att även om det är många osäkerheter i hur stora konsekvenser det blir av klimatförändringarna så är processen långsam. Är man medveten och har genomförbara planer kan man se till att skydden anläggs i god tid och inte görs onödigt höga i förtid.

Som nämnts i resultaten bedöms inte våguppspolning vara något större problem så som kustlinjen ser ut idag i Jonstorp. Om det däremot byggs vallar eller murar som skydd för översvämning ska man vara medveten om att överspolning kan ske och hamna bakom skyddet om dessa inte dimensioneras och utformas på ett genomtänkt sätt. Översvämningskydd mot havet måste alltid också integreras med ett helhetstänk kring vattnet i staden så att man inte förvärrar problem vid exempelvis skyfall.

Det blir markant stora skillnader mellan RCP2.6 och RCP8.5, det är därför av mycket stor vikt att följa den närmaste tidens politiska beslut och teknikutveckling som kommer vara avgörande för världens kustsamhällen flera hundra år framåt i tiden.

7 Rekommendationer till vidare utredningar

Kommunen behöver själva besluta om vilken tidshorisont och vilken återkomsttid som bör tas i beaktande samt eventuella säkerhetsmarginaler. Dessa beror på hur stora konsekvenser som olika scenarier kan ge.

Det rekommenderas att kommunen utreder hur en översvämning från öster kan stoppas från att nå Höganäs östra delar.

Det rekommenderas även att kommunen utreder hur de östra delarna av Jonstorp kan skyddas från översvämning.

För att beräkna erforderlig höjd på översvämningsskydd rekommenderas att en lokal vågmodell och detaljerad våguppspolningsmodell tas fram.

Vidare rekommenderas att observera kustlinjens förändring på längre sikt för att i god tid kunna agera på eventuell problematisk erosion.

8 Referenser

- Boverket (2018) *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker*, Rapport 2018:8
- Boverket (2019) *Tillsynsvägledning avseende risken för skred och erosion*, Rapport 2019:9
- DHI (2013) *Översiktlig klimatanalys för Höganäs kommun*
- DHI (2019) *Wave and Water Level Hindcast of Danish Waters: Spectral wave and hydrodynamic modelling. Set-up, calibration and validation.*
- DHI (2021) *Klimatutredningar Höganäs – kompletteringar och uppdateringar 2021. Havsnivå, Vågor, erosion och grundvatten.*
- Höganäs kommun (2012) *Klimat-PM*
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* (www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)
- IPCC (2019) *Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (www.ipcc.ch/srocc)
- SMHI (1999) *Hösten 1999 - Århundradets storm?* (www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hosten-1999-arhundradets-storm-1.5762)
- SMHI (2017a) *Lokala effekter på extrema havsvattenstånd*, OCEANOGRAFI Nr 125, 2017.
- SMHI (2017b) *Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust*, KLIMATOLOGI
- Sweco (2017) *Förslag till kustförvaltningsplan för Höganäs kommun*
- Sweco (2019) *Skälderviken vågmodell – Våguppspolning i Ängelholm*
- U.S. Army Corps of Engineers (2011) *Coastal Engineering Manual - Part II*