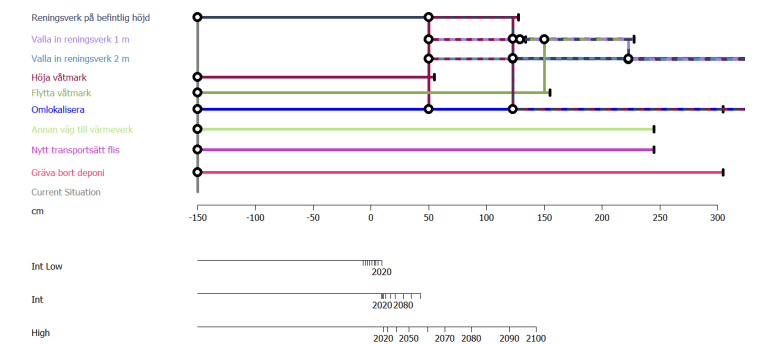




Test av robusta beslutsstödsmetoder

Påverkan av havsnivåhöjning i
”Söderhamnsfjärden” i
Söderhamns kommun

RIITTA RÄTY
CHRISTOFFER CARSTENS
ANNIKA CARLSSON KANYAMA
PER WIKMAN-SVAHN
KARIN MOSSBERG SONNEK



Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltaris, Carthage Consultancy

**TEST AV ROBUSTA
BESLUTSSTÖDSMETODER
PÅVERKAN AV HAVSNIVÅHÖJNING I "SÖDER-
HAMNSFJÄRDEN" I SÖDERHAMNS KOMMUN**

Riitta Räty, Christoffer Carstens, Annika Carlsson Kanyama,
Per Wikman-Svahn och Karin Mossberg Sonnek

TRITA-ABE-RPT-1832
ISBN: 978-91-7873-018-6

Avdelningen för Strategiska Hållbarhetsstudier, SEED
KTH, SE-100 44 Stockholm
www.kth.se

Förord

Forskningen som presenteras i den här rapporten har finansierats av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) inom ramen för forskningsprogrammet *Robusta beslut för att hantera klimatrisker i Sverige*. Rapporten redovisar ett delresultat från det tredje av flera arbetspaket inom forskningsprogrammet som pågår 2015–2020. Förutom att innehållet ska användas som underlag för fortsatt forskning hoppas vi också att det är intressant för handläggare och beslutsfattare i Söderhamns kommun och i andra organisationer.

Riitta Rätty, Stockholm, september 2018

Innehåll

Förord	2
1 Inledning.....	4
2 Havsnivåhöjning och extremvattenstånd.....	7
2.1 Global havsnivåhöjning	7
2.2 Lokal havsnivåhöjning i Söderhamn.....	10
2.3 Extrema högvattenstånd	11
3 Metod.....	14
3.1 Framtida extremvattenstånd i Söderhamn.....	15
3.2 Upplägg av tre workshopar	17
4 Resultat.....	21
4.1 Fokusfrågan.....	21
4.2 Det utvalda området	21
4.3 Framgångskriterier och oönskade händelser	22
4.4 Återkomsttider	23
4.5 Objekt.....	25
4.6 Åtgärder	25
4.7 Handlingsvägar	27
4.8 Värdering av handlingsvägar	32
4.9 Diskussion kring implementering av åtgärderna.....	33
5 Diskussion	36
Referenser	40
Bilaga 1. De begrepp som användes under workshoparna	42
Bilaga 2. Åtgärdskartor	43
Bilaga 3. Sammanfattande tabell.....	46

1 Inledning

Eftersom vi inte i detalj kan veta hur klimat och väder kommer att utvecklas framöver behövs beslutsstödsmetoder som tar hänsyn till detta och som inte låser in oss i ohållbara vägval. Robust beslutsfattande innebär att man försöker välja beslutsalternativ som leder till ett tillräckligt bra resultat även under mycket osäkra framtidsutvecklingar. *Robusta beslutsstödsmetoder* är samlingsnamnet på olika metoder som syftar till att underlätta robust beslutsfattande. Robusta beslutsstödsmetoder har än så länge inte tillämpats särskilt ofta i Sverige men internationellt har de använts allt mer för att uppnå bättre klimatanpassning (läs mer i Wikman–Svahn, 2016). När man ska utveckla användbara sådana beslutsstödsmetoder krävs nära samverkan med beslutsfattare, vare sig de befinner sig i offentlig eller privat sektor. Ett specialfall av robusta beslutsfattande kallas adaptiva beslutsfattande, där den metod som presenteras här ger möjlighet till adaptivt beslutsfattande. Adaptivt beslutsfattande innebär att man söker flexibla lösningar där åtgärderna kan implementeras eftersom beroende på utvecklingen.

För att undersöka om robusta beslutsstödsmetoder kan vara användbara i Sverige genomför forskningsprogrammet *Robusta beslut för att hantera klimatrisker i Sverige* (Robustprogrammet) försök med att tillämpa några av dessa metoder tillsammans med olika organisationer i Sverige. I samma forskningsprogram har vi tidigare gjort en översyn över hur robusta beslutsstödsmetoder används internationellt (Wikman-Svahn, 2016) och en analys över hur klimatanpassningsbeslut fattas i några utvalda svenska myndigheter, företag och kommuner idag (Carlsson Kanyama m.fl, 2017) samt tester av den metod som används här i Danderyds (Mossberg-Sonnek m.fl, 2017) och Gävle

kommun. Det fortsatta arbetet innefattar att rekommendera en robust beslutsstödmätod baserat på de tester som gjorts, en undersökning av beslutsfattares riskuppfattningar samt en analys av hur organisatorisk instabilitet påverkar förmågan att fatta robusta beslut. Dessa senare undersökningar kommer att rapporteras separat och kan då nås via forskningsprogrammets hemsida.¹

Robustprogrammet har som målsättning att undersöka hur robusta beslut kan användas för att hantera klimatrisker. Klimatrisker omfattar ett brett spektrum av händelser, allt ifrån extrem värme och torka till häftiga regn och havsnivåhöjningar. Relativt tidigt togs ett beslut inom programmet att fokusera på havsnivåhöjningen eftersom det finns stora osäkerheter i hur snabbt och hur mycket havet kommer att stiga de närmaste århundraden och eftersom stora ekonomiska värden i form av befintlig och ny bebyggelse längs den svenska kusten hotas. I den här studien, som är den andra i en serie om tre, såg vi en fördel med att begränsa oss till *en* effekt av klimatförändringen, nämligen havsnivåhöjningen, för att tydligare kunna genomföra och utvärdera de olika metodstegen. I detta fall finns en kombinerad effekt av stigande hav och höga flöden i två vattendrag som har sina utlopp i området vilket kortfattat berörts under arbetet. Den kombinerade riskbildningen behöver vara fokus i fortsatta utredningar och metodstudier inom både kommunens fortsatta arbete som i robustprogrammet.

I denna rapport redovisas resultat från ett samarbete med Söderhamns kommun under våren och sommaren år 2018 som handlat om robust planering av Söderhamnsfjärden och dess omgivning – från stadskärnan ut mot havet. Arbetet, som innebar att tjänstemän från Söderhamns kommun och Söderhamn Nära samt forskare från Robustprogrammet arbetade tillsammans under tre dagar, utmynnade i identifierade acceptabla återkomsttider och sårbara objekt inom Söderhamnsfjärden samt ett antal olika handlingsvägar som tillsammans gör det

¹ <https://www.seed.abe.kth.se/om/avd/industriell-ekologi/forskning/ongoing/robusta-beslut-for-att-hantera-klimatrisker-i-sverige-1.594244>

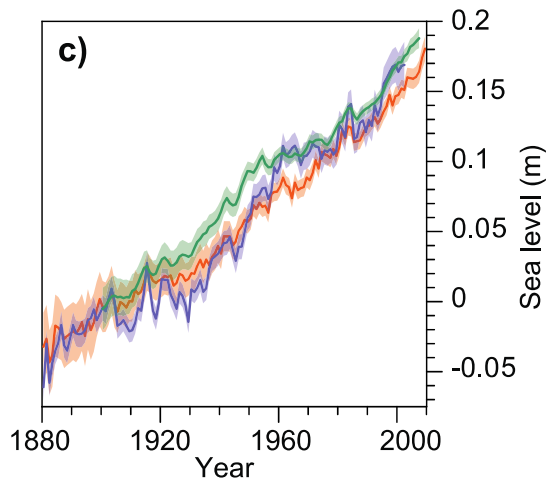
möjligt att hitta lösningar som hanteringar översvämningar i det aktuella området som inkluderar omfattande globala och lokala havsnivåhöjningar på upp till några meter. Det råder stor osäkerhet kring hur mycket och hur snabbt havsytan kommer att stiga, och även om det dröjer länge innan havet stiger med 2,5 meter i Söderhamn så är det på sikt möjligt. Resultatet av arbetet visar att det trots denna stora osäkerhet går att hitta lösningar som fungerar. Innehållet i rapporten är främst avsett för tjänstemän och politiker i Söderhamns kommun.

2 Havsnivåhöjning och extremvattenstånd

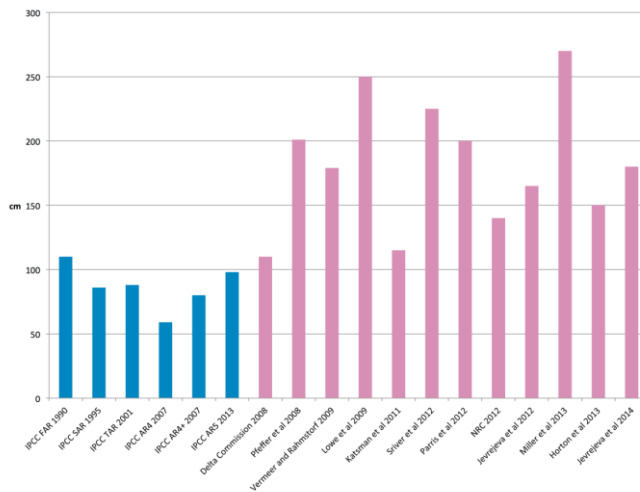
2.1 Global havsnivåhöjning

Den globala havsnivån har stigit med cirka 0,2 meter under det senaste århundradet (se figur 1). Att den globala havsnivån stiger beror främst på att temperaturen i världshaven stiger vilket gör att vattnet expanderar och att mängden is i bergen och på inlandsisarna Grönland och Antarktis minskar. Dessa binder tillsammans tillräckligt med vatten för att höja den globala havsnivån med ungefär 65 meter. Den största osäkerheten för vad som kommer att hända med framtida havsnivåer är därför vad som kommer att hända med inlandsisarna. Mätningar visar att tillskottet av vatten från inlandsisarna på Grönland och Antarktis har ökat snabbt under de senaste två årtiondena, en ökning från cirka en tiondel till numera en tredjedel av den globala havsnivåhöjningen (Shepherd & Nowicki, 2017).

Det är mycket svårt att beräkna hur snabbt och hur mycket havet kommer att stiga under det kommande århundradet. Det är särskilt svårt att sätta en övre gräns för hur mycket havet kan stiga fram till år 2100, vilket en sammanställning av olika studier vi har gjort visar (se figur 2).

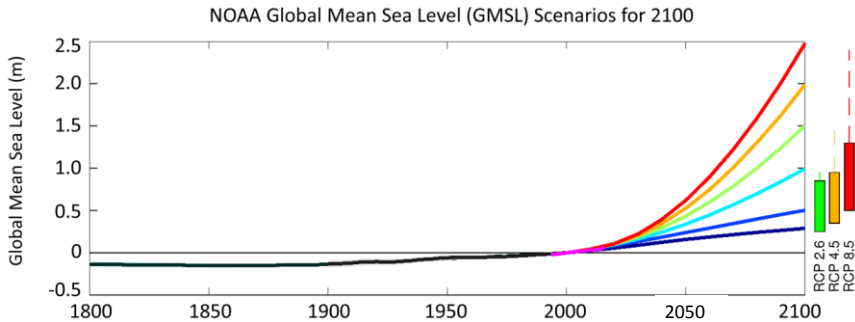


Figur 1. Årlig global medelhavsnivå beräknat på tre olika sätt (röda, blåa, gröna linjer) från kapitlet om havsnivåer i den senaste rapporten från FN:s klimatpanel, IPCC (Church m.fl. (2013)). Bild: Anpassad från Church m.fl. (2013), figur 13.3c.



Figur 2. De högsta värden som redovisas för havsnivåhöjning fram till år 2100 i de rapporter som publicerats av FN:s klimatpanel, IPCC (blåa staplar), samt ett urval av inflytelserika studier om havsnivåhöjning som publicerats under de senaste åren (rosa staplar). För den fjärde IPCC-rapporten anges två värden (AR4 och AR4+) (se Church m.fl. 2011 för en förklaring av de två olika värdena). Bild: Wikman-Svahn 2016, figur 5.

På grund av att det är så svårt att sätta en övre gräns så brukar man använda sig av flera olika scenarier för framtida havsnivåhöjning. I detta arbete använder vi oss av scenarierna som togs fram till USA:s nationella klimatanalys (Sweet m.fl. 2017a,b), vilken anger sex olika scenarier för framtida global havsnivåhöjning (se figur 3).



Figur 3. Global medelhavsnivå. Historiska data (svart linje), sex scenarier för global havsnivåhöjning som tagits fram till USA:s kommande nationella klimatanalys (färgade linjer). RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 är tre olika scenarier för framtida globala utsläpp av växthusgaser. Bild: Anpassad från Sweet m.fl. (2017a), Figur 8.

Havet kommer med största sannolikhet att fortsätta stiga även efter år 2100 (Church m.fl. 2013), vilket förklarar varför inget scenario i figur 3 har planat ut till år 2100. Havsnivåhöjningarna för de olika scenarierna i Sweet m.fl. (2017a) anges i tabell 1 ända fram till år 2200. Det högsta scenariot som anges i rapporten innebär en global havsnivåhöjning på 2,5 meter år 2100, 4,3 meter år 2150 och hela 9,7 meter år 2200. Dessa scenarier visar tydligt att det finns en risk för mycket stora havsnivåhöjningar och att osäkerheten är mycket stor.

Tabell 1. Global medelhavsnivåhöjning under olika tidpunkter fram till år 2200 för de sex scenarierna i figur 3. Tabell från Sweet m.fl. (2017a), sid 23.

GMSL Scenario (meters)	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2120	2150	2200
Low	0.03	0.06	0.09	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.39
Intermediate-Low	0.04	0.08	0.13	0.18	0.24	0.29	0.35	0.4	0.45	0.50	0.60	0.73	0.95
Intermediate	0.04	0.10	0.16	0.25	0.34	0.45	0.57	0.71	0.85	1.0	1.3	1.8	2.8
Intermediate-High	0.05	0.10	0.19	0.30	0.44	0.60	0.79	1.0	1.2	1.5	2.0	3.1	5.1
High	0.05	0.11	0.21	0.36	0.54	0.77	1.0	1.3	1.7	2.0	2.8	4.3	7.5
Extreme	0.04	0.11	0.24	0.41	0.63	0.90	1.2	1.6	2.0	2.5	3.6	5.5	9.7

2.2 Lokal havsnivåhöjning i Söderhamn

Havsnivån ändras olika mycket i olika delar av världen. Det beror dels på att världshaven stiger olika mycket på olika platser och att markytan stiger eller sjunker olika mycket i olika delar av världen. I Sverige dominerar landhöjningen sedan den senaste istiden, vilket medför att havsnivån i praktiken har sjunkit i förhållande till land och bebyggelse i historisk tid.

Landhöjningen förväntas fortgå med ungefär samma hastighet som tidigare. I Söderhamnsområdet är den cirka 0,8 cm/år eller 80 cm på 100 år (Lantmäteriet, 2017). Om den globala havsnivåhöjningen sker snabbare än landhöjningen så kommer sammantagna effekten resultera i en lokal havsnivåhöjning i Söderhamnsområdet (se kapitel 3).

2.3 Extrema högvattenstånd

Översvämningar uppstår vid de tillfällena då vattnet under korta perioder stiger långt över medelvattenståndet, så kallade *högvattenstånd*. Detta kan inträffa under stormar eller kraftiga lågtryck i kombination med ett redan högt lokalt vattenstånd. När vattenståndet når nivåer som mycket sällan inträffar talar man om *extremvattenstånd*. För Söderhamn är SMHI:s fyra stationer; SPIKARNA, DRAGHÄLLAN, BJÖRN och FORSMARK de som ligger närmast. I denna studien bedömdes BJÖRN och FORSMARK som mest relevanta, då de generellt uppvisar något större extremvärden, vilket ger en viss säkerhetsmarginal. De högsta uppmätta vattenstånden för mätserierna (i RH2000 med effekter för landhöjningen inkluderad) i BJÖRN respektive FORSMARK är +112 cm och +142 cm och inträffade år 1942 och 2007.

Ofta kopplar man en sannolikhet till extremvattenstånden som beskriver hur ofta de statistiskt inträffar. Man kan också beskriva hur stor sannolikheten är för att ett motsvarande vattenstånd inträffar ett enskilt år. Termerna som används då är *återkomsttid*, alternativt *årlig sannolikhet*. En återkomsttid på 10 år (en 10-årshändelse), innebär att händelsen inträffar, statistiskt sett, vart tionde år. Sannolikheten för att en sådan händelse² (eller värre) inträffar är 10 % varje enskilt år. På motsvarande sätt har man 100-års återkomsttid, eller 1 % sannolikhet varje år.

Sannolikheten att en händelse med viss återkomsttid inträffar någon gång under en viss tidsrymd (längre än ett år) är, förstås, större än sannolikheten för varje enskilt år, men det är däremot inte givet att en händelse med viss återkomsttid inträffar under en period av återkomsttidens längd. Exempelvis är sannolikheten att *minst en* 100-årshändelse inträffar någon gång under en 100 år lång period 63 %³. Ett antal av dessa fall illustreras i tabell 2.

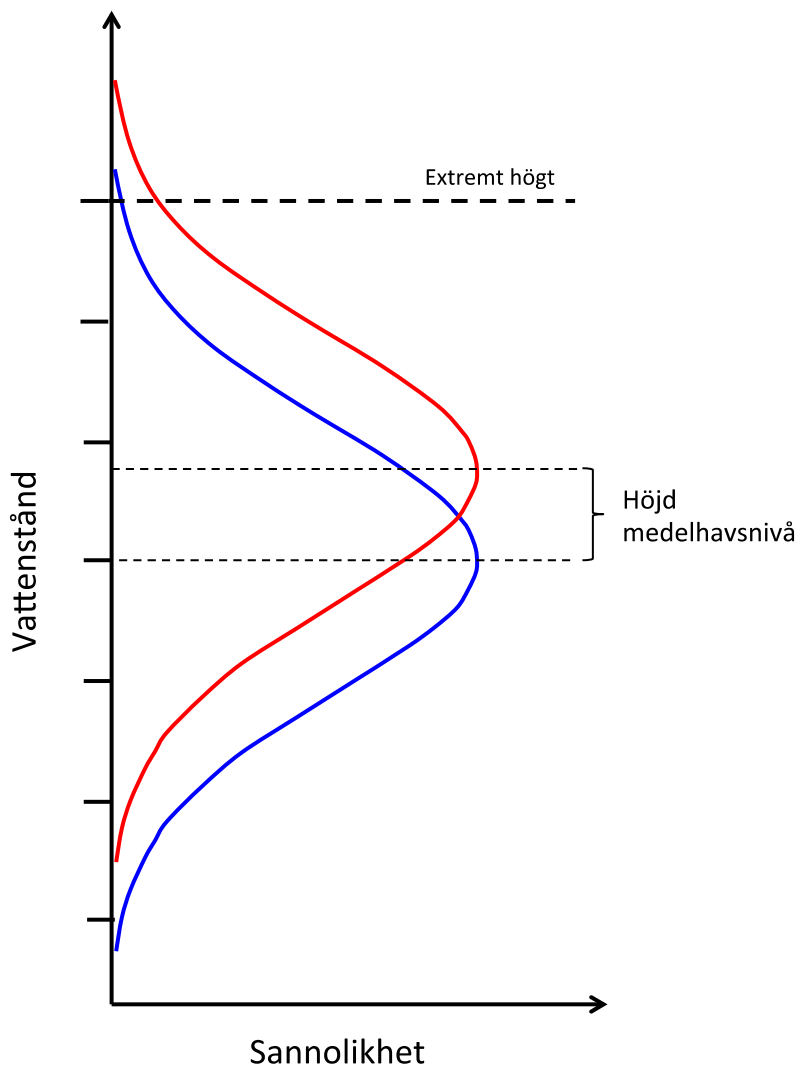
² Motsvarar engelskans *Annual Exceedance Probability*. Extremvärdesanalysen baseras på varje enskilt års högsta/lägsta värde.

³ Att sannolikheten inte är 100 % under en 100 års-period förklaras av att det kan inträffa två eller flera händelser under vissa 100 års-perioder och inga händelser alls under andra.

Tabell 2. Tabell över sannolikheten att en händelse med viss återkomsttid inträffar minst en gång under olika tidsperioder.

Återkomsttid [år]	Tidsperiod, antal år						
	1	2	5	10	20	50	100
1	63 %	87 %	99 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	39 %	63 %	92 %	99 %	100 %	100 %	100 %
5	18 %	33 %	63 %	86 %	98 %	100 %	100 %
10	10 %	18 %	39 %	63 %	86 %	99 %	100 %
20	5 %	10 %	22 %	39 %	63 %	92 %	99 %
50	2 %	4 %	10 %	18 %	33 %	63 %	86 %
100	1 %	2 %	5 %	10 %	18 %	39 %	63 %

Extremvärdesnivåer för olika högvattenstånd är idag baserade på historiska data från mätstationer som ägs av exempelvis SMHI och Sjöfartsverket. När havsnivån stiger så kommer *medelhavsnivåhöjningen*, dvs medelvärdet av alla vattenståndsmätningar för en specifik station, att ha en mycket stor betydelse för hur sannolikheten ändras för extrema högvattenstånd. Ett extremt vattenstånd som tidigare var väldigt ovanligt inträffar mer ofta om medelhavsnivån höjs (se figur 4).



Figur 4. En generell bild av relationen mellan sannolikhet för extrema vattenstånd och medelhavsnivån. Den blå kurvan markerar fördelningen av dagens vattenstånd och den röda kurvan framtida vattenstånd.

3 Metod

Upplägget av workshoparna inspirerades i huvudsak av två metoder: DAPP, Dynamic Adaptive Policy Pathways, (Deltares, u.d.) och CRIDA, Collaborative Risk Informed Decision Analysis (Alliance for Global Water Adaptation, u.d.). Båda metoderna omfattar det förhållningssätt till osäkerheter som definierats tidigare i projektet (Wikman-Svahn, 2016), dvs. metoderna kan anses vara robusta.

I den metod vi arbetat med under workshoparna har vi behövt ansätta värden på hur högt havsnivån står vid olika återkomsttider. Dessa har beräknats utifrån historiska data. En extremvärdesanalys med Gumbel-fördelning (Chow, m fl, 1988) för data från stationen FORSMARK genomfördes. Resultaten för beräknade extremvattenstånd med olika återkomsttid presenteras i tabell 3.

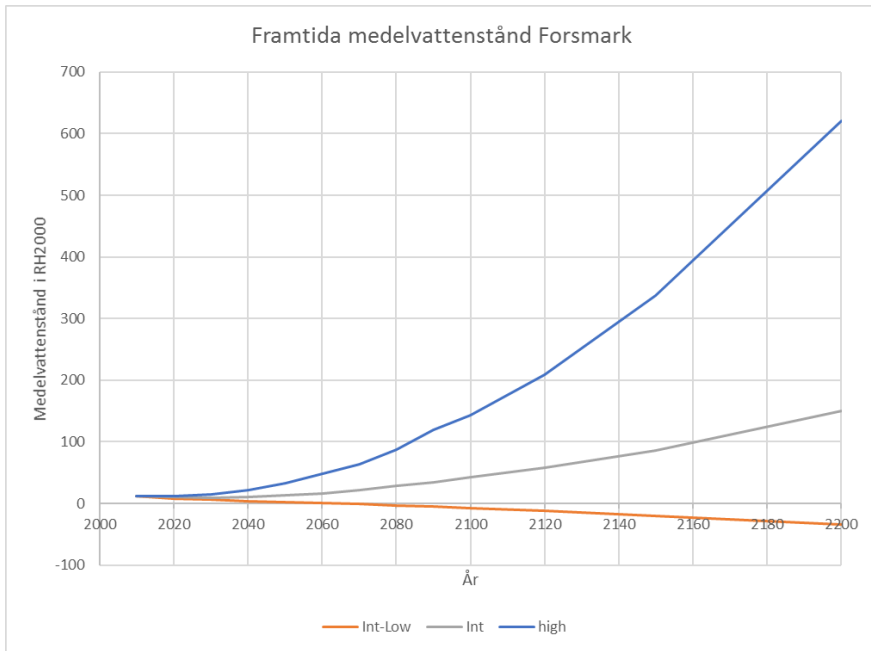
Tabell 3. Lokala högvattenstånd (RH2000) för olika återkomsttider. Värdena är beräknade av dataserien från mätstationen i Forsmark och redovisas med medelvärde och max- och minvärde utifrån ett 95-procentigt konfidensintervall för respektive återkomsttid.

Lokala högvattenstånd [cm]					
	Återkomsttid				
	10 år	50 år	100 år	500 år	1000 år
min	97	116	126	143	148
medel	110	136	147	172	183
max	123	157	171	204	218

3.1 Framtida extremvattenstånd i Söderhamn

För att beräkna framtida extremvattenstånd i Söderhamn har vi gjort två huvudsakliga antaganden. Dels har vi antagit att fördelningen av extremvattenstånd inte förändras, dels har vi bortsett från regionala skillnader i framtida havsnivåhöjningar. Båda dessa antaganden är sannolikt felaktiga, men att analysera dem är svårt och kunde inte göras inom ramen för denna studie. Vi har därför utgått från dagens beräknade extremvattenstånd och lagt till landhöjningen och den globala havsnivåhöjningen för det valda scenariot.

Det framtida extremvattenståndet i Söderhamnsfjärden beror på hur stor den framtida globala havsnivåhöjningen blir. I projektet valde vi att studera tre scenarier för global havsnivåhöjning från de som anges i USA:s nationella klimatanalys (Sweet m.fl., 2017a,b). De scenarier vi valde var *Int-low*, *Int* och *High* (se tabell 1). Vi valde dessa scenarier för att ge en rimlig, men inte extrem spridning av scenarier. Figur 5 visar hur den resulterande lokala havsnivåhöjningen i Söderhamn ser ut för dessa scenarier.



Figur 5. Tre scenarier för framtida lokala medelvattenstånd i Söderhamn (Forsmark) enligt Sweet, m.fl (2017a) med lokal landhöjning avdragen. Siffrorna anges i cm skillnad i RH2000-systemet.

Det lägsta scenariot i figur 5 (*Int-low*) har en global havsnivåhöjning på 50 cm mellan år 2000–2100 och resulterar i praktiken i en i stort sett oförändrad havsnivå lokalt fram till år 2100, medan scenarierna med högre global havsnivåhöjning (*Int* och *High*) resulterar i en ökad lokal havsnivå i Söderhamn.

Hur den globala havsnivåhöjningen i enlighet med dessa tre scenarier påverkar de framtida extremvattenstånden i Söderhamn anges i tabell 4. Till exempel så är vattenståndet med 100-årig återkomsttid nära +3 m (RH2000) redan år 2100 för scenariot *High*. Viktigt att notera är att alla scenarier som innehåller en framtida havsnivåhöjning innehåller en accelererande höjning, vilket innebär att ökningen efter år 2100 sker betydligt snabbare än innan år 2100, precis som beskrivits i avsnitt 2.1.

Tabell 4. Framtida högvattenstånd år 2100 i tre olika scenarier som använts i projektet.

		Extremvattenstånd år 2100 (RH2000) [cm]				
		Återkomsttid				
		10 år	50 år	100 år	500 år	1000 år
int-low	min	90	108	116	133	141
	medel	103	129	140	165	176
	max	116	149	164	197	211
int	min	140	158	166	183	191
	medel	153	179	190	215	226
	max	166	199	214	247	261
high	min	240	258	266	283	291
	medel	253	279	290	315	326
	max	266	299	314	347	361

3.2 Upplägg av tre workshopar

Vi genomförde tre workshopar tillsammans med tjänstemän från Söderhamn kommun och Söderhamn Nära i maj 2018 till augusti 2018. Workshoparna pågick 5–6 timmar med paus för lunch och fika och 6–9 personer från kommunen deltog vid varje tillfälle. Tjänstemännen från kommunen hade specialkunskaper inom samhällsplanering både på översikts- och detaljplanenivå, teknisk förvaltning, VA, vatten- och miljöfrågor, naturvård och teknisk infrastruktur. Från forskningsprogrammet deltog 3–4 forskare med erfarenhet av facilitering, modellering och osäkerhetshantering. Vid alla möten dokumenterades resultaten i form av anteckningar och foton. Deltagarna från kommunen arbetade tillsammans med forskarna under vissa moment och enbart med varandra vid andra. Här följer en kort beskrivning av vad de tre workshoparna innehöll. De begrepp som är kursiverade återkommer i resultatdelen (kapitel 4) och deras inbördes relationer förklaras i bilaga 1. Begreppen är delvis tagna från beslutsstödsmetoderna DAPP och CRIDA, men vi har gett dem svenska namn.

Under **den första workshopen** (WS1) introducerades forskningsprogrammet, de planerade workshoparnas upplägg, deltagarna samt tänkesättet runt robusta beslutsstödsmetoder och osäkerheter. Efter dessa presentationer, där deltagarna fick tillfälle att ställa frågor, arbetade deltagarna från kommunen fram en s.k. *fokusfråga* vilken övergripande beskrev hur genomförbarheten av översiktsplanen påverkades av havsnivåhöjning (se kapitel 4, Resultat). Området som skulle analyseras definierades av deltagarna och markerades på en karta.

Utifrån fokusfrågan fick deltagarna med stöd av forskarna identifiera s.k. *framgångskriterier* för utvecklingen av området. Det innebar att de mot bakgrund av strategierna i översiktsplanen tog fram en rad konkreta påståenden om vilka förhållanden som ska infrias för att utvecklingen av området ska uppfylla kriterierna i fokusfrågan (t.ex. att infrastrukturen fungerar eller att stadskärnan är en självklar mötesplats). Framgångskriterierna analyserades för deras relevans för havsnivåhöjning eftersom det var det hot som hela övningen fokuserade på, och deltagarna från kommunen valde till sist ut sex kriterier för vidare arbete. För varje framgångskriterium föreslog deltagarna oönskade händelser som skulle kunna förhindra att kriteriet uppnåddes.

Under **den andra workshopen** (WS2) repeterade vi vad som hänt under den första workshopen och forskarna berättade vad de gjort sedan dess, vilket hade resulterat i en tabell med framgångskriterier och oönskade händelser från WS1. Deltagarna från kommunen fick tillfälle att kommentera och ändra i tabellen. Därefter följde en diskussion om acceptabla *återkomsttider* för översvämning från havet (en *oönskad händelse*) för varje framgångskriterium. Återkomsttider på 10, 50, 100 och 1000 år kunde väljas. Exempelvis bestämde deltagarna för framgångskriteriet som ”Infrastruktur fungerar” att elcentraler fick översvämmas högst vart 1000:e år.

Vattenstånd i dagens klimat

Varje acceptabel återkomsttid kopplades till hur högt *vattenståndet* står i *dagens klimat* vid respektive återkomsttid. Dessa värden hämtades från medelvärdet av de beräknade extremvattenstånden för Forsmark, se tabell 2. Vattenståndet vid en 100 års-händelse är exempelvis 147 cm. Det innebär att extremvattenståndet i medeltal når minst 147 cm en gång vart hundra år och att objekt som ligger +147 cm (RH2000) inte kommer att översvämmas mer än vart 100 år.

Efter att acceptabla återkomsttider för översvämning från havet kopplats till varje framgångskriterium identifierades *sårbara objekt* på en karta över området av deltagarna, t.ex. källare som inte ska översvämmas för ofta och distributionsanläggningar som behöver vara funktionella. Flera gamla industritomter som kommunen vill utveckla, stadskärnan, kritiska infrastrukturanläggningar, och områden planerade för nybyggnation identifierades. *Marknivån* för alla dessa sårbara objekt, angett i höjden över havet, togs fram av forskarna under övningen. Utifrån marknivån och det vattenstånd som motsvarar en viss återkomsttid beräknades sedan *marginalen för havsnivåhöjningen*, det vill säga hur mycket havet kan stiga innan ett objekt kommer att översvämmas oftare än vad man tycker är acceptabelt.

Sedan föreslog deltagarna från kommunen olika åtgärder för att skydda de objekt som påverkas av en stigande havsnivå, det vill säga vad som måste göras i framtiden för att översvämningar inte ska inträffa oftare än vad som definierats som acceptabelt. Som en inledning till denna övning gavs exempel på olika typer av anpassningsåtgärder: tekniska, informativa, planeringsmässiga och organisatoriska. Åtgärderna sorterades in enligt tillhörande framgångskriterier och de objekt de var avsedda att skydda. Vissa åtgärder var objektsspecifika och andra mer generella och skyddar många objekt och möter flera framgångskriterier, exempelvis invallning. Avslutningsvis fick deltagarna prioritera vilka sårbara objekt som var intressantast att arbeta vidare med nästa gång.

Den **tredje workshopen** (WS3) började med en rekapitulation av vad som gjorts förra gången och med att forskarna presenterade åtgärds-kartor som tagits fram. Här visades exempel på hur de olika åtgärds-kartorna som kommunens deltagare föreslagit kunde kombineras för att skydda de identifierade objekten givet olika nivåer på havet med en skala som omfattade 0 till 3 meters höjning. Flera objekt hade en egen *åtgärds-karta* som också var försedd med tre tidsaxlar som visade på olika skattningar för hur fort havet kan tänkas stiga (motsvarande de scenarier som presenteras i avsnitt 3.1). Tidsaxlarna markerade tiden fram till år 2100 för de olika scenarierna (även om åtgärds-kartorna sträckte sig längre⁴) och hela övningen gjordes med hjälp av programvaran *Dynamic Pathways Generator*⁵. Deltagarna ombads sedan att välja ut ett objekt att arbeta vidare med och de valde två områden; *Köpmantorget/stadskärnan*, som ligger lågt, och *Granskär*, som omfattar både reningsverk, värmeverk och en deponi. Olika *handlingsvägar* dvs. olika kombinationer av åtgärder identifierades för att skydda området och värderades sedan avseende relativa kostnader samt andra parametrar som attraktivitet och andra konsekvenser. Deltagarna hade svårt att se att en specifik handlingsväg framstod som mest fördelaktig, utan såg både för- och nackdelar med alternativen, beroende på omfattningen av den framtida havsnivåhöjningen. Avslutningsvis diskuterades hur resultaten av en övning av den typ som gjorts skulle kunna användas i organisationen samt de övergripande intrycken av de tre workshopparna.

⁴ Detta eftersom programvaran inte medgav ett längre tidsintervall.

⁵ Deltares, Carthago Consultancy

<https://publicwiki.deltares.nl/display/AP/Pathways+Generator>

4 Resultat

4.1 Fokusfrågan

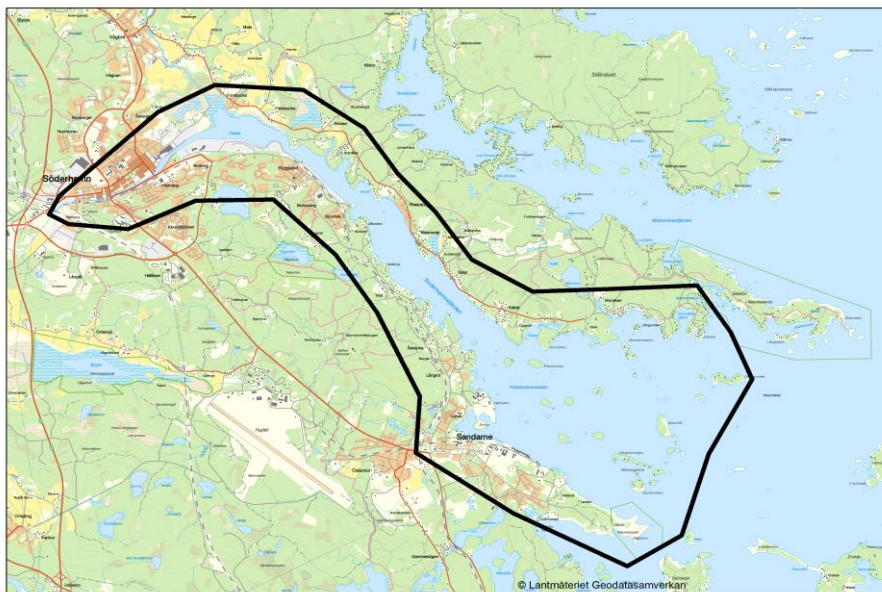
Efter en diskussion bestämde sig deltagarna från Söderhamns kommun för följande fokusfråga:

Hur påverkas genomförbarheten i översiktplanens(ÖP:s) strategier av havsnivåhöjningen i "Söderhamnsfjärden"?

Fokusfrågan, som övergripande beskrev kriterierna för utvecklingen av området runt Söderhamnsfjärden, fanns med under hela övningen.

4.2 Det utvalda området

Det utvalda området utgörs av ett område runt Söderhamnsfjärden, se figur 6.



Figur 6. Det utvalda området, "Söderhamnsfjärden", markerad översiktligt med en svart linje.

4.3 Framgångskriterier och önskade händelser

Under den första workshopen identifierades nitton framgångskriterier kopplade till fokusfrågan. Dessa togs fram genom diskussioner i två separata grupper. Grupperna redovisade sina respektive kriterier för varandra, liknande kriterier slogs ihop och kriterier som inte kunde kopplas till en stigande havsvattennivå sållades bort. Därefter fick deltagarna rösta på de kriterier de tyckte var viktigast. Följande fem huvudkriterier med antal röster (inom parentes) valdes baserat på röstning och deltagarnas efterföljande prioritering:

- Ekosystem och ekosystemtjänster fungerar (6)
- Infrastruktur fungerar (5)
- Stadskärnan är en självklar mötesplats (5)
- Enskilda har fungerande VA-försörjning (5)
- Samhällsservice fungerar (4)
- Området ska vara attraktivt för boende och besökande (3)

För varje framgångskriterium formulerades *oönskade händelser* som karakteriserar händelser som orsakar att framgångskriterierna inte uppfylls. Det kan exempelvis vara avlopp som översvämmas, vägar och broar som otillgängliggörs eller miljögifter som läcker ut. De oönskade händelserna presenteras i tabell 5.

4.4 Återkomsttider

För vardera av de sex formulerade framgångskriterierna diskuterade deltagarna hur ofta det var acceptabelt att kriterierna inte fullföljdes. Om ett kriterium exempelvis var att reningsverket inte ska bli översvämmat så fick deltagarna ange hur ofta det trots att allt var godtagbart att reningsverket översvämmades. Detta angavs som återkomsttider och sätter en lägre gräns för t.ex. grundläggningshöjd av ny bebyggelse. De valda återkomsttiderna redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Återkomsttider för olika framgångskriterier. Den oönskade händelsen beskriver vad som händer om framgångskriteriet inte är uppfyllt. Deltagarna bestämde hur ofta det är acceptabelt att en oönskad händelse inträffar. För varje återkomsttid finns ett motsvarande vattenstånd i dagens klimat. Tabellen redovisar alla oönskade händelser som diskuterades. Vissa bedömdes inte som relevanta under diskussionen om återkomsttider och har därför ingen återkomsttid.

Framgångskriterium	Generellt		
	Oönskad händelse	Acceptabel återkomsttid (Oönskad händelse får inträffa som oftast vart)	Motsvarar havsvattenstånd i dagens klimat, cm
Infrastruktur fungerar	Farleder blir (o)farbara	-	-
	Avloppsreningsverk översvämmas	100 år	147
	Elcentraler översvämmas.	1000 år	183
	Bredbandscentraler översvämmas	1000 år	183
	Kustvägarna som försörjer tillfarter till bostäder översvämmas (Utviksvägen och Kustvägen)	50 år	136
	Järnväg in till Sandarne hamn översvämmas	100 år	147
	Dagvattensystemet blir ofunktionellt	10 år	110
	Bräddavlopp översvämmas	-	-
	Stugsunds sjöräddningsstation översvämmas/otillgängliggörs	-	-
	Reningsverken (Sandarne specifikt) översvämmas	-	-
Industriområden översvämmas	100/1000 år	183	

	Spannmålssilo översvämmas		183
	Hamnar översvämmas	-	-
	Pumpstationer översvämmas	10 år	136
	Transporter till fjärrvärmeverket hindras.	100 år	147
	Nedgrävda återvinningsstationer översvämmas	50 år	136
	FTI:s återvinningsstationer översvämmas	50 år	136
	Lilltån översvämmas	10 år	110
	Polisstationen otillgängliggörs (källare)	100 år	147
	Broar översvämmas (infra i Hamnbron)	100 år	147
Stadskärnan är en självklar mötesplats	Stadsfester blir inställda pga översvämning	10 år	110
	Parker och grönområden översvämmas oftare (Stadsparken, Gurkparken, Strykjärnsparcken)	100 år	147
	Sättningar i äldre byggnader pga grundvattenhöjningar	-	-
	Andra anläggningars funktion påverkas av grundvattenhöjningar	1000 år	183
	Åstråket översvämmas oftare eller otillgängliggörs pga åtgärder	100 år	147
	Busshållplatser, Järnbron och Källparken, översvämmas och otillgängliggörs	100 år	147
	Broar översvämmas eller stängs	100 år	147
	Stadskärnan översvämmas oftare (både bostäder och kommersiella fastigheter skadas)	1000 år	183
Ekosystem och ekosystemtjänster fungerar	Häckningsplatser för fåglar på Stenö översvämmas.	10 år	110
	Miljögifter läcker från Faxöområdet pga översvämning.	1000 år	183
	TBT från båtuppsamlingsplatser sprids (Sandarne och Stenö BK, Söderhamns BS).	-	-
	Läckage från cisterner i oljehamnen i Sandarne (Långrör). Invallningen översvämmas	-	-
	Översvämning i avloppssystemet (reningsverk, distribution och dagvatten) (Granskär, Kallskär)	100 år	147
	Badplatser översvämmas	10 år	110
	Ekologiskt viktiga strandzoner försvinner (redan hotade pga ianspråktagande, Sandviksudden, bl a)	10 år	110
	Ökning av oönskade, översvämningssynnade arter (mygg)	-	-
	Granskärs våtmark tappas funktion och släpper ut oönskade ämnen/partiklar (översvämning)	10 år	110
	Gamla deponin (Granskär) kan börja läcka pga grundvattenhöjning eller havsöversvämning.	1000 år	183
Samhällsservice fungerar	Stugsunds sjöräddningsstation översvämmas/otillgängliggörs	10 år	110
Området ska vara attraktivt för boende och besökande	Nyplanerade områden översvämmas	1000 år	183
Enskilda har fungerande VA-försörjning		100 år	147

4.5 Objekt

Under den andra workshopen valdes även objekt som berördes av framgångskriterierna och oönskade händelser (sårbara objekt). Objektet var sådana som kan knytas till en geografisk punkt eller yta och som kunde hade en identifierbar höjd över havet. Deltagarna valde att inrikta sig på 1000 års händelser inklusive områden där kommunen ska ändra verksamheten framöver. Objekten var:

- **Reningsverk.** Finns både i Söderhamn och i Sandarne.
- **Fördelningsstationer el.** Ett tiotal fördelningsstationer för el av varierande storlek finns inom området.
- **Bredbandscentraler.**
- **Kritiska väg eller järnvägsavsnitt.** Det finns flera vägar som om de översvämmas minskar framkomligheten till större områden.
- **Industriområden.** En dryg handfull gamla eller aktiva industriområden ligger i området.
- **Köpmantorget.** Del av stadskärnan och här planeras nybyggnation.
- **Nyplanerade områden.** Områdena Stugsundshamn och Sandviksudden.

4.6 Åtgärder

Efter att ha listat framgångskriterier, återkomsttider samt valt exempel på objekt som är översvämningshotade så fick gruppen föreslå åtgärder för hur objekten kan skyddas. Dessa redovisas i tabell 6. I denna tabell visas också objekten samt marginalen för havsnivåhöjningen för de relevanta objekten (se vidare kapitel 3 Metod). För mer detaljer hänvisas till bilaga 3.

Tabell 6. Framgångskriterier, objekt, marginal för havsnivåhöjning och möjliga åtgärder för området.

Framgångskriterium	Objekt	Marginal för havsnivåhöjning	Åtgärder
Infrastruktur fungerar	Elcentraler	-183 till 467 cm	Invallning, Höja sponten i centrum, Flytt, Täta, Drönare
	Bredbandscentral	317 cm	Så pass stor marginal att inga åtgärder föreslås
	Utviksv	14 cm	Båt, Andra färdmedel, Sjö- äddning, Åka alternativa vägar inkl information, Höja upp låg- punkter, Valla in, Tunnel, Bro
	Järnväg till Sandarne hamn	-147 cm	Förstärka banken, Information vid högt vattenstånd
	Dagvattensystem (speciellt i stads- kärnan)	-	Information om att det sker (förebyggande), Nya vägar ovan mark, LOD = Grönytor i staden, Krav på ny bebyggelse
	Bräddavlopp (speciellt i stads- kärnan)	-	Täta ledningar, Informera om hur man inreder källare, Bygg inte nytt med källare, Flytta recipientpunkt, Flytta upp en våning, Fylla igen källare
	Industriområden Långrör, Sandarne, Stugsund, Faxe, Granskär, Vågbro, Stugsunds hamn	-103 till 97 cm	Invallning, Flytt till anpassade områden: planera för detta, Inga nya etableringar, Göra planer för industrimark
Stadskärnan är en självklar mötesplats	Köpmantorget	-33 cm	Höja kajskoning, vattenspärrear för dagvattenutflöde, Bygga in lätta material i perkeringsytor för att höja yta innanför kajskoning, Anläggningar som är okänsliga för översvämning, Ny bebyggelse - högre grundläggning och högre upp
Ekosystem och ekosystemtjänster fungerar	Faxö Väst och Öst (båtuppställning, spill från impregneringsanläggning, + bussgarage)	-53 cm till 7 cm	Riskreducerande åtgärder i båtuppställningsområde, ta bort 1-2 dm, Utredda och åtgärda spill från impregnering, Flytta bussgarage
	Avloppsreningsverk (även värmeverk finns vid Granskär)	-147 cm	Valla in reningsverk, Höja hela anläggningen, Bygga vattentätt och trycksätta, Flytta reningsverk Transport till värmeverk annan väg, Andra transportsätt av flis till värmeverk
	Granskärs deponi	-153 cm	Täta och täcka, Gräva bort, Gravar eller dräneringsrör, Avvakta

Inför det fortsatta arbetet prioriterade arbetsgruppen vilka objekt/områden som var mest intressanta att analysera vidare. Granskär med reningsverk och värmeverk bedömdes som högst prioritet. Efter röstning lades de fyra objekten Köpmantorget, Faxeområdet, elcentralerna och dagvattensystemet till. Till Granskär inkluderades också Granskärs deponi.

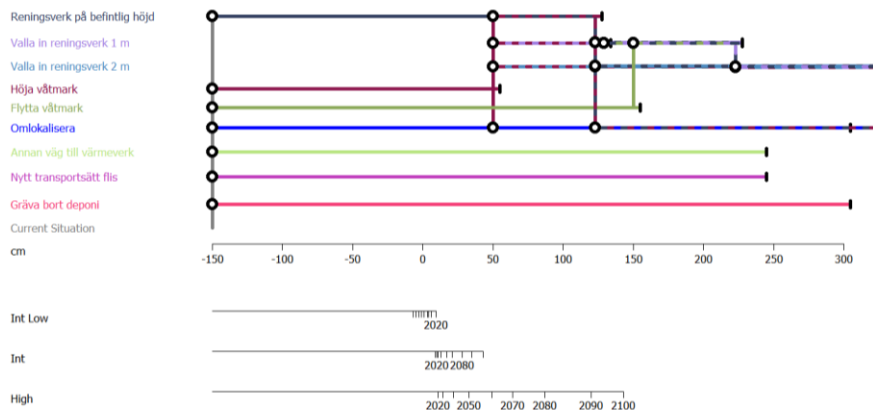
4.7 Handlingsvägar

De identifierade och föreslagna åtgärdernas förmåga att skydda mot oönskade händelser beskrevs endast i generella termer i tabell 6. För att bedöma skydd av specifika, identifierade objekt, förberedde forskarna utkast till så kallade åtgärdskartor mellan workshop 2 och 3, se bilaga 2. Utkast till åtgärdskartor gjordes för fyra olika objekt som var tydligt lokaliserade och där olika åtgärder för att hantera havsnivåhöjning var relevanta, *Granskär*, *Granskärs deponi*, *Köpmantorget – befintlig bebyggelse* och *Köpmantorget – ny bebyggelse*. Syftet med dem var att visa på olika handlingsvägar, bestående av flera successiva åtgärder, samt när de enskilda åtgärderna behöver sättas in i förhållande till hur högt havsnivån har stigit. På detta sätt visas tydligt att det kan finnas skäl att avvakta händelseutvecklingen innan man inför vissa åtgärder. Eftersom varje åtgärd kan skydda ett objekt upp till en specifik havsnivå, behöver skydds-nivån för varje specifik åtgärd vara känd, eller antagen. Antagande för utkasterna gjordes av forskargruppen, för att utgöra diskussionsunderlag på workshop 3.

På workshop 3 presenterades de framtagna åtgärdskartorna och gruppen fick välja att arbeta fördjupat med en av dem. I Söderhamn valde gruppen att dela på sig och att arbeta vidare med Granskär och nybyggnation på Köpmantorget.

Granskär

De åtgärder som diskuterades gällande reningsverket var att valla in reningsverket med olika höga vallar, att höja våtmarken, att flytta våtmarken och att omlokalisera reningsverket. Utifrån dessa åtgärder skisserades en åtgärds-karta som redovisas i figur 7.

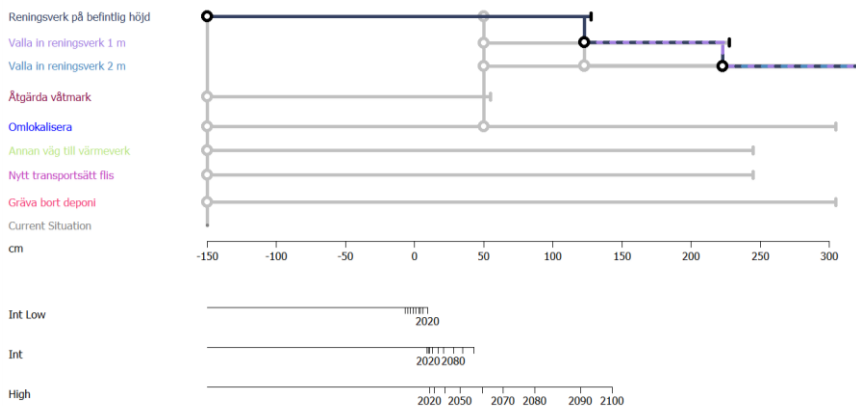


Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

Figur 7. Åtgärdsplan för Granskärs reningsverk. Skalan i mitten visar lokal havsnivåhöjning i cm. I dagsläget är marginalen för 100 års återkomsttid -147 cm.

Gruppen identifierade sedan olika handlingsvägar, dvs hur olika åtgärder skulle kunna kombineras med varandra.

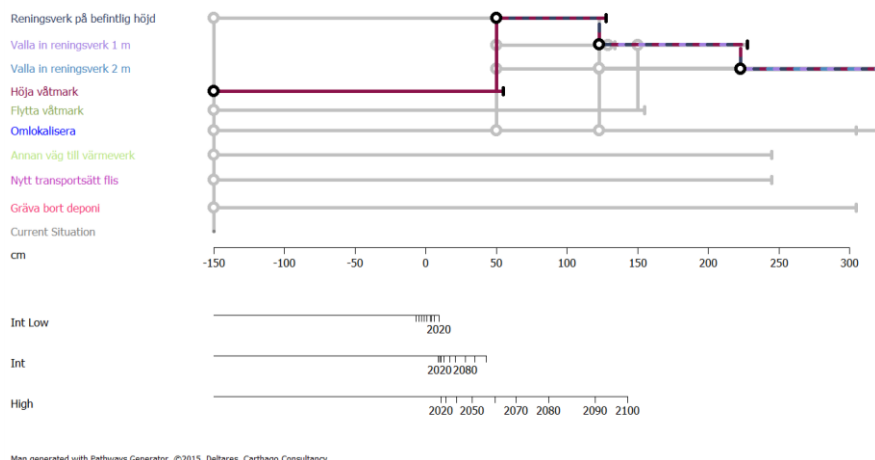
Handlingsväg 1: Reningsverket ligger kvar där det gör och vid behov, när man ser att havet stiger, bygger man först en vall på en meter och sedan bygger man på ytterligare en meter vid behov.



Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

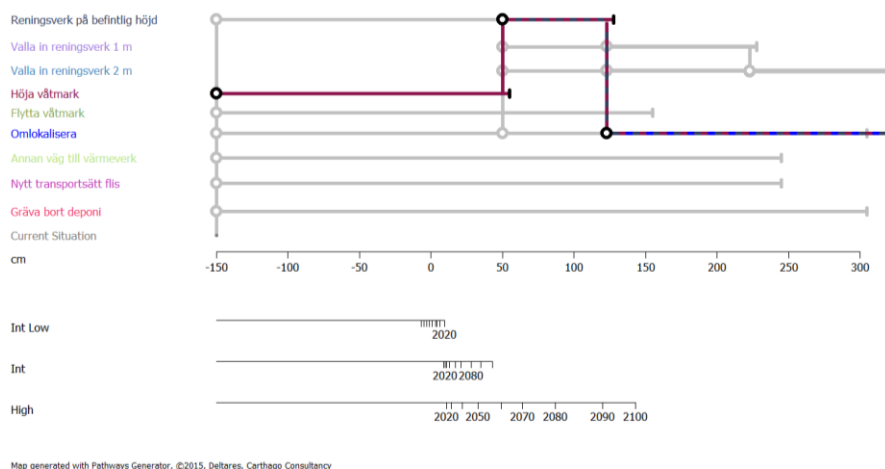
Figur 8. Handlingsväg 1 Granskär.

Handlingsväg 2: I denna handlingsväg börjar man med att höja våtmarken som ligger lågt och behåller reningsverket på befintlig höjd. När havet stiger bygger man sedan successivt vallar som i handlingsväg 1.



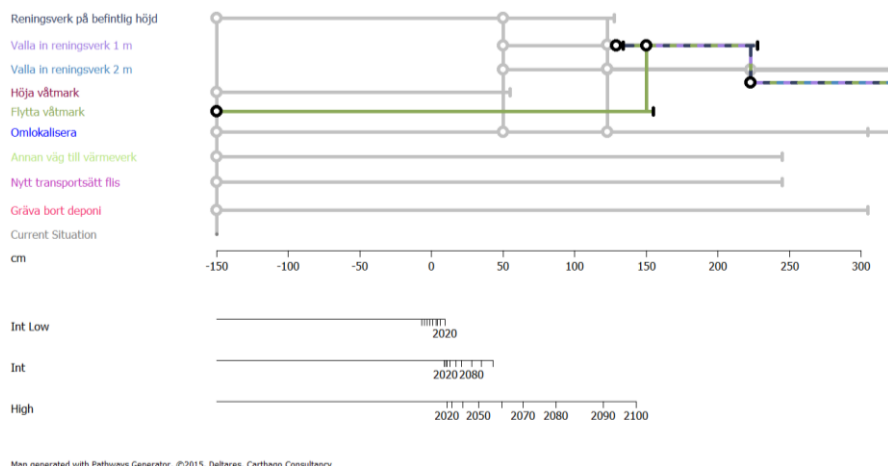
Figur 9. Handlingsväg 2 Granskär.

Handlingsväg 3: Man höjer våtmarken och sedan vid behov flyttar man reningsverket till en ny plats.



Figur 10. Handlingsväg 3 Granskär.

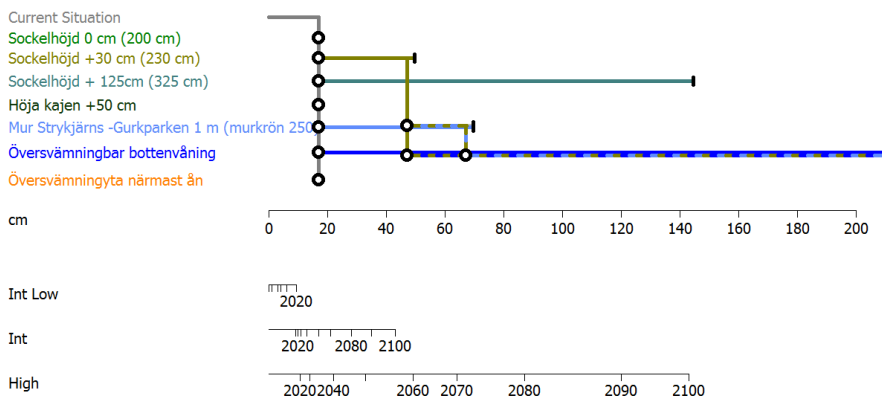
Handlingsväg 4: Istället för att höja våtmarken flyttar man den och sedan vallar man in reningsverket vid behov.



Figur 11. Handlingsväg 4 Granskär.

Köpmanstorget – nybyggnation

Vid Köpmanstorget påverkas både befintlig och planerad bebyggelse av havsnivåhöjning. Gruppen diskuterade åtgärder för den nybyggnation som planeras på torget. Åtgärder som föreslogs var olika sockelhöjder, att höja kajen (vilket inte bidrar till översvämningsskydd för nybyggnationen som ligger högre upp på torget om inte drastiska åtgärder tas till), att bygga en mur högre upp ungefär från Strykjärns- till Gurkparken och att ha översvämningssbara bottenvåningar, se figur 12.

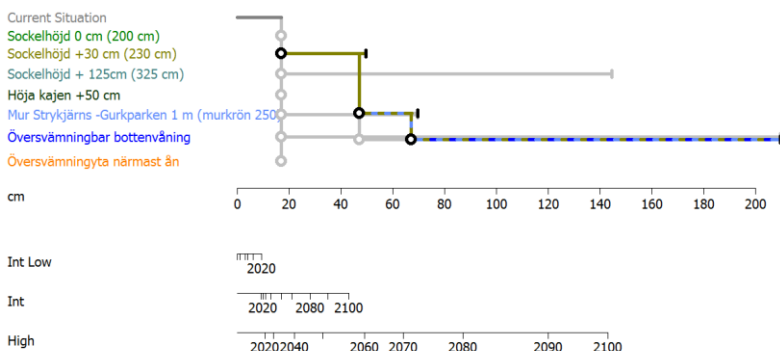


Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

Figur 12. Åtgärds-karta för nybyggnation på Köpmantorget. Skalan i mitten visar lokal havsnivåhöjning i cm.

I detta fall fanns inga självklara handlingsvägar utan en fördjupad analys behövs omfattande både åtgärder för nybyggnation och för befintlig bebyggelse. Ett exempel på en möjlig handlingsväg ses i figur 13 nedan.

Handlingsväg 1: Nybebyggelsen anläggs med en sockelhöjd på + 30 cm och sedan vid behov bygger man en mur en bit upp på land, och när detta inte räcker så får verksamheter som tål översvämning hålla till i bottenvåningen. (Planeringen just nu är att verksamheter ska ligga i bottenvåningen.)



Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

Figur 13. Handlingsväg 1 för Nybyggnation på Köpmantorget.

4.8 Värdering av handlingsvägar

Efter att ha valt olika handlingsvägarna så värderades dessa med avseende på måluppfyllelsen att i) de ska skydda bebyggelsen för en havsnivåhöjning, ii) de relativa kostnaderna för åtgärderna i en handlingsväg samt iii) indirekta effekter och andra konsekvenser, se tabell 8 och 9 nedan för respektive Granskär och Köpmantorget - nybyggnation.

Tabell 7. Utvärdering av olika handlingsvägar för att skydda Granskärs reningsverk från en havsnivåhöjning på 3 meter. Måluppfyllnad anges i en diskret skala (ja/nej). Den relativa kostnaden angavs på en skala från ett till fyra plustecken där det med flest plus-tecken var dyrast.

Väg nr	Måluppfyllnad	Kostnad	Övriga kommentarer
1	Ja	+	Fördel: Invänta teknikutveckling för skydd Nackdel: Våtmark offras (poleringssteg, rekreation, ekologi) Problem med utsläppspunkt, kräver flytt av utlopp med pumpning
2	Ja	++	Fördel: behåller våtmark. Finns möjligheter att invänta framtida teknik för översvämningsskydd Nackdel: Hur hitta massor? Behövs lättfyllning för att undvika sättning. Hur hantera dagvatten till våtmark från lågt liggande områden? Andra områden kan översvämmas.
3	Ja	++++	Fördel: behåller våtmark. Möjlighet att separera spill- och dagvatten. Man får en mycket långsiktigt robust lösning. Nackdel: Kräver ombyggnation av även ledningsnät. Kräver nya områden att anlägga reningsverk på.
4	ja	+++	Fördel: Kan invänta framtida teknik för skydd. Kan vara billigare att flytta än att höja våtmarken. Bibehåller våtmarkens positiva värden. Nackdel: Behöver plats för flytt av våtmark.

Deltagarna hade svårt att rekommendera en av handlingsvägarna, både för de osäkerheter som fanns gällande konsekvenserna av de olika åtgärderna, t.ex. för ekologi och rekreation, och för de politiska osäkerheterna. Det är svårt att besluta om dyra investeringar som ger utdelning först långt fram i tiden. Deltagarna kom fram till att de egentligen föredrog att flytta både våtmark och reningsverk direkt. Det skulle ge möjlighet att få en anläggning som fyller moderna krav. Nackdelen med detta är en hög kostnad redan nu.

För Köpmantorget – nybyggnation skapades en andra handlingsväg som innebar att bygga en halv våning upp, Sockelhöjd 125 cm för att kunna testa arbetssättet. Tabell 9 sammanfattar diskussionen. Gruppen tyckte inte att någon av handlingsvägarna vara att föredra utan föredrog nuvarande planering som innebär att nybyggnationen ska ha översvämningsbara bottenvåningar.

Tabell 8. Utvärdering av två olika handlingsvägar för att nybebyggelse på Köpmantorget. Den relativa kostnaden angavs på en skala från ett till två plustecken där det med flest plus-tecken var dyrast.

	Måluppfyllnad	Kostnad	Övriga kommentarer
1	ja	++	Fördel: mur skyddar även befintlig bebyggelse Nackdel: Barriär, dagvatten, snöröjning. Mur behöver öppningar som ska kunna stängas.
2	delvis	+	Fördel: Nackdel: Tillgänglighetsproblem. Inga kommersiella lokaler. Gestaltungsproblematik och attraktivitet

4.9 Diskussion kring implementering av åtgärderna

I metoderna DAPP och CRIDA som vi inspirerats av (se kapitel 3) ingår det utöver ovanstående steg även att implementera åtgärderna och att följa förändringar i omvärlden för att veta när det är dags att vidta nästa åtgärd. I denna studie är det enbart framtida havsnivåhöjningar som avgör när en åtgärd behövs sättas in. Gemensamt för adaptiva åtgärder i framtiden är det krävs:

- att havsnivåhöjningarna övervakas kontinuerligt
- att en organisatorisk kontinuitet finns för att i tid sätta igång arbetet med att implementera åtgärderna
- att mandat och rådighet finns hos kommunen, eller annan ansvarig aktör, att implementera åtgärden vid den tidpunkt den behövs.

Deltagarna diskuterade att den typen av strategiskt tänkande som metoden representerar skulle kunna komma in olika kommunala planer, så som kommunens energi- och klimatstrategi, VA-planen och översiktsplanen. Här kan man planera för strategiska beslut som behöver tas om 5, 10 år eller ännu längre fram. T.ex. kan de handla om att avlysa områden i översiktsplanen för kommande behov, ny placering av reningsverk eller utrymme för en översvänningsmur, hur man med ett strategiskt mål kan styra långsiktigt underhåll mot en högre robusthet eller om att minska underhåll inför en kommande avveckling. Reträtt har diskuterats för enskilda områden, men kommunen skulle kunna bli bättre på dessa värdestyrda processer.

Som underlag till sådana strategiska inriktningar skulle det behövas en grundlig risk- och sårbarhetsanalys för verksamheten. Kommunen har dock ej resurser att själv göra en sådan analys. Sårbarheter bedömdes vara relativt lätta för tjänstemännen att identifiera. Lösningar och åtgärder upplevdes mycket svårare och krävde mer kunskap om t.ex. teknik och effekter.

Gruppen bedömde det som svårt att arbeta med triggers, dvs indikatorer som visar att en åtgärd behöver aktiveras, i den kommunala organisationen. Troligen kan inte enskilda tjänstemäns observationer om havsnivån initiera en process.

Det finns i dagsläget planer och program för att utveckla centrala Söderhamn och att åstadkomma hållbarhet. Här finns en potentiell motsättning. Den politiska viljan är att utveckla kommunens attraktiva områden nu och närheten till vatten är en del i Söderhamns identitet. Det uppfattades finnas en konflikt i vem som ska ta kostnaderna för eventuella extraåtgärder. Byggherrarna söker vinst på kort sikt och kostnadseffektivitet kommer att vara styrande. Om kommunen skulle kräva extra åtgärder, för att möta kommande havsnivåhöjningar, är det möjligt att det inte finns något intresse för projekten från byggherrarna.

Det behövs nya modeller för att hantera dessa avvägningar. Ska kommunen gå i och bidra till vissa åtgärder? I utvecklingen av ett område kan kommunen inte fullt ut styra vilka plankrav som slår igenom. Det kommer alltid att vara en förhandling där kommunen och exploatören kohandlar om olika delar. Det kommunala bostadsbolaget är en viktig förebild och kan visa väg inom robust planering.

Den kommunala organisationen bedömdes vara bra på att hantera mindre förändringar, men ha det svårare med de allvarigare scenarierna. Det skulle kräva både annorlunda organisation och tänkande.

5 Diskussion

Metoden som testades i den här studien visar att man på ett systematiskt sätt kan ta fram handlingsvägar för att skydda ett område mot mycket höga havsnivåhöjningar. Istället för att schablonmässigt ta fram åtgärder som skyddar för en viss havsnivåhöjning (i Sverige vanligtvis för en meters höjning fram till år 2100) så kan man ta fram en plan för hur man successivt kan införa åtgärder allt eftersom havet stiger. Man begränsar sig då heller inte till ett specifikt årtal utan tar hänsyn till att havet kommer att stiga under en lång tid framöver (och planerarar längre än fram till år 2100 vilket är en vanlig begränsning inom den svenska offentliga sektorn). I studien applicerades metoden på ett verkligt planeringsfall. Resultatet blev slutligen några handlingsvägar för att skydda reningsverket i Granskär.

Arbetet genomfördes under tre workshoppar och arbetssättet byggde till stora delar på två befintliga metoder, DAPP och CRIDA. Syftet med studien var i första hand att undersöka om metoden gav deltagarna en större förståelse för hur de kan hantera osäkerheter. Metoderna anpassades för att fungera med de resurser vi hade till vårt förfogande, både med avseende på kompetens hos deltagarna och med avseende på tiden de kunde avsätta. En verklig beslutssituation ställer krav på betydligt större resurser. Arbetet skulle dessutom behöva bedrivas iterativt, det vill säga att man skulle behöva gå tillbaka till fokusfrågan och framgångskriterierna när man definierat åtgärder och handlingsvägar för att förfinas dem med den kunskap man fått under processens gång. Eftersom planprocessen för större projekt ofta är utdragen i tid och sker iterativt, skulle detta inte vara ett formellt hinder för metoden. Det test

vi gjorde syftade däremot inte i första hand till att utvärdera om metoden är praktiskt genomförbar i en kommun.

En förenkling vi gjorde under vårt test av metoden var att vi bara tog fram åtgärder som skyddar området mot havsnivåhöjningen. Kommunen och Länsstyrelsen har flertalet gånger poängterat att gällande översvämningrisk finns stora behov av att ta hänsyn till den kombinerade risken från havsnivåer och höga flöden i de båda vattendrag, Söderhamnsån (Söderalaån) och Norralaån, som har sina utlopp i Söderhamnsfjärden. Om avsikten utöver det är att helt klimatanpassa ett område behöver man även ta hänsyn till ändrade nederbördsmängder, värmeböljor, smitta, med mera. När man använder robusta beslutsstödsmetoder så tar man dessutom vanligtvis hänsyn till alla slags osäkerheter. I vårt fall skulle det ha inneburit att planarbetet även skulle anpassas till andra förändringar än de som klimatet står för, exempelvis olika ekonomiska utvecklingar och demografiska utmaningar (t.ex. många äldre, migration). Hur hanterligt det är kan vi inte avgöra från det här testet.

I tidigare fallstudier har de organisatoriska och juridiska svårigheterna med en del av åtgärderna diskuterats mycket. Plan- och bygglagen möjliggör egentligen inte adaptiva lösningar och möjligheterna att hävda framtida, osäkra risker är inte testade juridiskt. Hur skall åtgärder som ligger långt fram i tiden, eller sådana som kanske inte kommer att behövas alls, implementeras i dagens planprocess och i förlängningen detaljplanen? I Söderhamn uppfattades inte dessa svårigheter alls så stora utan det sågs som en realistisk möjlighet att föra in långsiktiga strategier i planerna. En möjlighet är att olikheten i syn beror på skillnader mellan objekt och föreslagna åtgärder. Det behöver undersökas närmare vad denna olikhet beror på.

En fråga man måste ta ställning till är vilka scenarier (i vårt fall över framtida havsnivåhöjningar) som man ska ta med i sin analys. En

grundläggande tanke inom robusta beslutsstödsmetoder är att omfamna osäkerheter, det vill säga att inte blunda för scenarier med låga sannolikheter men allvarliga konsekvenser. Men hur allvarliga scenarier (och låga sannolikheter) man ska ta med måste man avgöra själv. Det finns ingen övre gräns för ett värsta-scenario utan man måste själv välja var man sätter gränsen. I vår övning bestämde forskarna denna gräns men i framtida tillämpningar av metoden bör ett sådant beslut tas av de inblandade beslutsfattarna.

En bärande idé i metoden är att ta fram adaptiva lösningar, det vill säga att inte skydda sig mot det värsta scenariot från början utan att införa åtgärder allt eftersom omvärldsbevakningen visar vilka scenarier som troligen kommer inträffa. Det finns många olika adaptiva lösningar och dessa beskrivs i vår metod med så kallade handlingsvägar. Värderingen av handlingsvägarna kan utvecklas på flera sätt. I utvärderingen av kostnaderna för olika vägar bör man exempelvis även väga in när i tiden kostnaderna kommer och med vilken sannolikhet de utfaller. Det borde också framgå vem det är som tar kostnaden. Är det staten, kommunen, entreprenören, fastighetsägaren, bostadsrättsinnehavaren eller någon annan? I dagsläget ligger en stor del av ansvaret på fastighetsägaren och dessa måste i så fall vara införstådda med eventuella krav på förändringar i framtiden.

När vi efter workshoparna diskuterade användbarheten av metoden med deltagarna lyfte de att det kan vara svårt att implementera arbets sättet rakt av i en kommun. En första utvärdering indikerade att deltagarna uppskattade att arbeta förvaltningsövergripande, att åskådliggöra åtgärder med åtgärdskartor, och att arbetssättet gav nya tankar och insikter. Deltagarna upplevde också att de fått en kunskapshöjning om klimatförändringarna, speciellt kring havsnivåhöjning och allvaret i detta. Deltagarna upplevde att metoden kunde bidra till att utveckla metodik för att hantera långsiktiga utmaningar som kommunen behöver. Deltagarna ansåg att metoden är attraktiv för större detaljplaner där man undersöker olika alternativ och går lite ner i detalj. En mer

noggrann uppföljning kommer att göras några månader efter den sista workshopen.

Fallstudien har visat på värdet att arbeta riskbaserat och att deltagarna från kommunen uppskattat både arbetssättet och frågeställningarna. Studien har också visat på flera potentiella hinder och svårigheter med implementering av adaptiva lösningar, liksom att i planeringen frångå befintliga riktlinjer och praxis. Överlag har deltagarna varit positiva till frågeställningarna, arbetssätten och kunskapshöjningen workshopen har erbjudit och de säger sig vara intresserade av att fördjupa metodanvändningen i framtida projekt.

Referenser

Alliance for Global Water Adaptation. *Collaborative Risk Informed Decision Analysis (CRIDA)*. u.d.

<http://agwaguide.org/about/CRIDA/> (använd den 25 10 2017).

Carlsson Kanyama m.fl. (2017) ”Vi vill ju veta var linjen går” *Klimatanpassning i fem beslutsprocesser med fokus på osäkerhets-hantering*, Avdelningen för Industriell ekologi, KTH, TRITA-IM 2016:03, ISSN 1402-7615.

Chow, V. T., m fl (1988) *Applied Hydrology*. McGraw-Hill

Church, J. A., m.fl. (2011) *Understanding and projecting sea level change*. *Oceanography*, 24(2), 130–143.

<http://doi.org/10.5670/oceanog.2011.33>

Church, J. A., m.fl. (2013). Sea Level Change. i Stocker, T.F., m.fl. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Deltares. *Dynamic Adaptive Policy Pathways: supporting decision making under uncertainty using Adaptation Tipping Points and Adaptation Pathways in policy analysis*. u.d.

<https://www.deltares.nl/en/adaptive-pathways/> (använd den 25/10 2017).

Lantmäteriet (2017), *Landhöjning – landhöjningsmodell NKG2016LU*
<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-informat-ion/GPS-och-geodetisk-matning/Referenssystem/Landhojning/>
(Använd den 9/4 2018)

Mossberg Sonnek, K, Carlsson Kanyama, A, Carstens, C och Wikman-Svahn, P. (2016) *Test av robusta beslutstödsmetoder – Ny bebyggelse vid Djursholms torg i Danderyds kommun*. Avdelningen för Industriell ekologi, KTH, TRITA-IM 2017:03, ISBN 978-91-7729-619-5.

Simonsson, L., m.fl. (2017) Höga havsnivåer och översvämningar - Bedömning av konsekvenser av inträffade händelser i Sverige 1980 – 2017. FOI Rapport FOI-R--4446--SE.

Shepherd, A., & Nowicki, S. (2017). Improvements in ice-sheet sea-level projections. *Nature Climate Change*, 7(10), 672–674.
<http://doi.org/10.1038/nclimate3400>

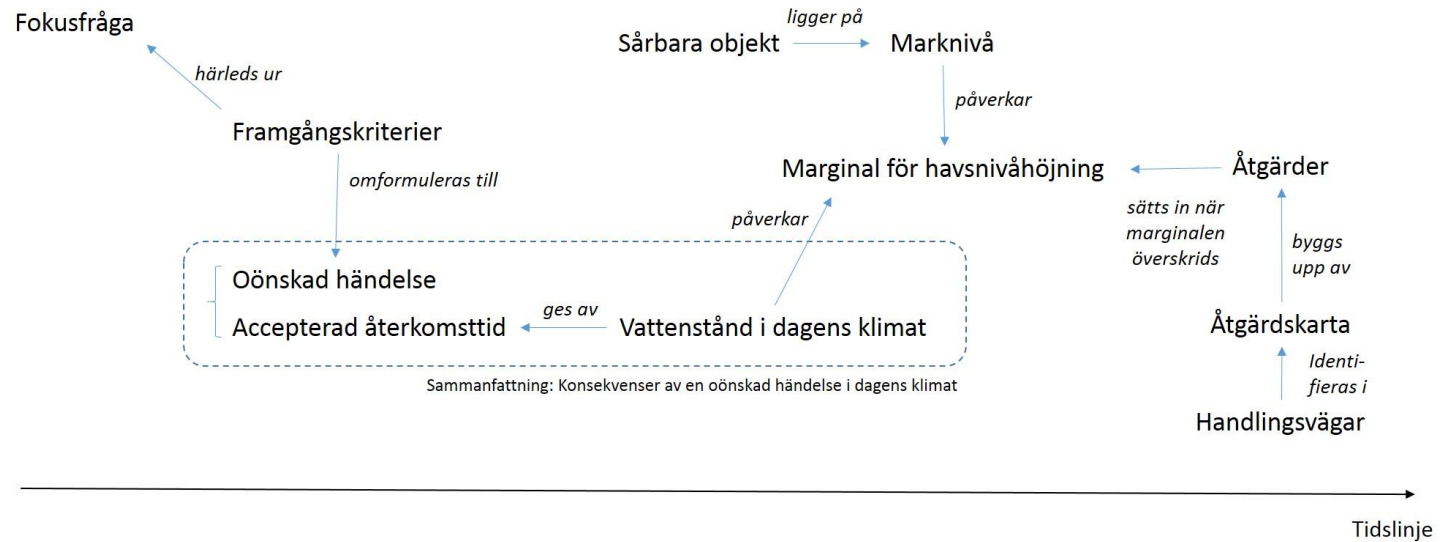
Sweet, W.V., m.fl. (2017a), *Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States*. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083. National Oceanic and Atmospheric Administration 2017.

Sweet, W.V., m.fl. (2017b), i *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 333-363, doi: 10.7930/J0VM49F2.

Wikman-Svahn, P. (2016) *Principer för robusta beslut inför osäkra klimatförändringar*. Avdelningen för Industriell ekologi, KTH, TRITA-IM 2016:02, ISSN 1402-7615.

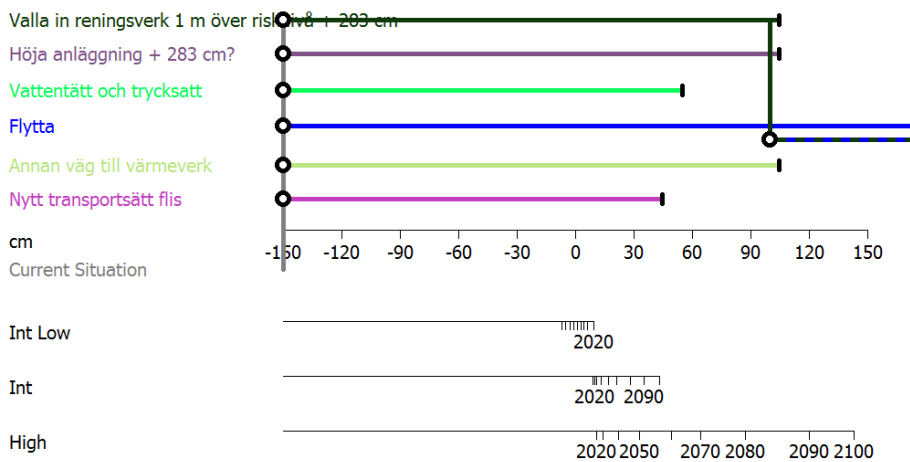
Bilaga 1. De begrepp som användes under workshoparna

Här redovisas de begrepp som användes under workshoparna och hur de relaterar till varandra.



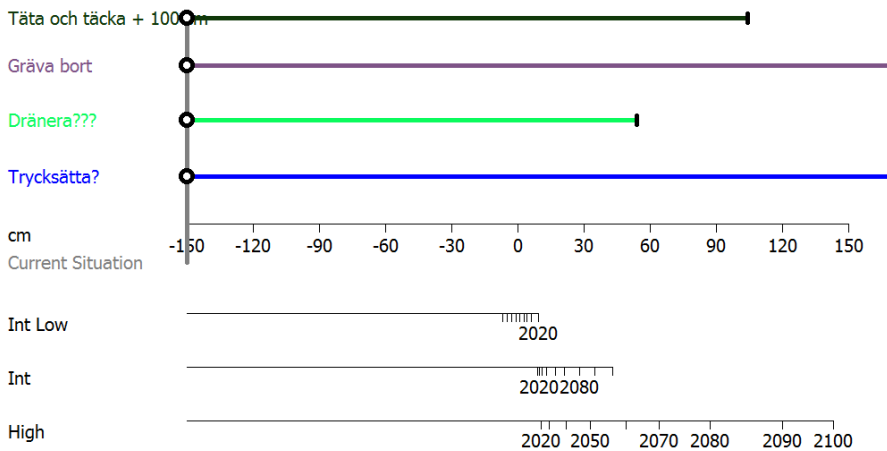
Bilaga 2. Åtgärdskartor

Nedanstående fyra åtgärdskartor togs fram av forskarna mellan workshop 2 och 3 och bygger på de åtgärder som identifierades under den andra workshopen. Åtgärdskartorna är skisserade för tre objekt: Granskär, Granskärs deponi, Köpmantorget och Köpmantorget – nybyggnation. Under den tredje workshopen valde gruppen att vidareutveckla och ta fram handlingsvägar för Granskär och Köpmantorget – nybyggnation.

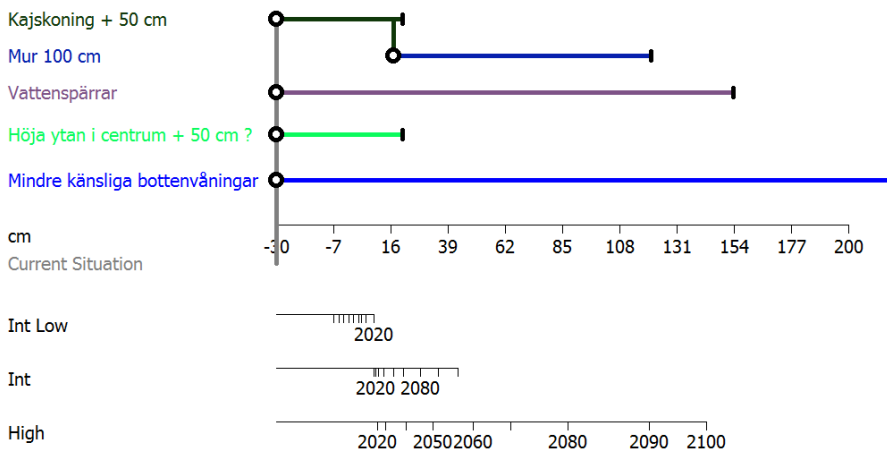


Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

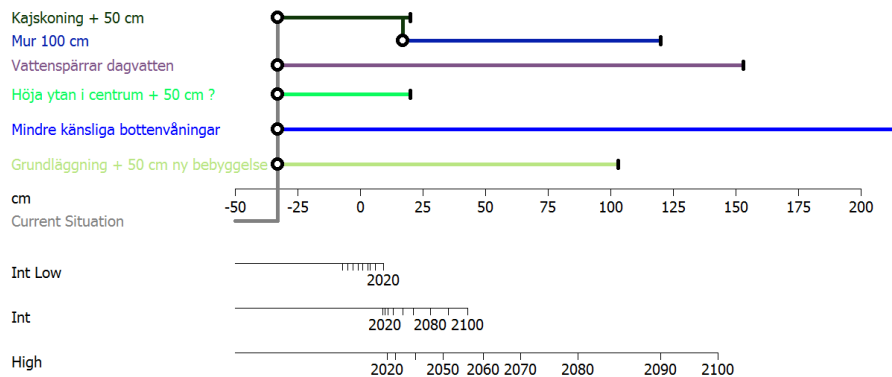
Granskär, ovan. Version 1 inför WS3.



Granskärs deponi, ovan. Version inför WS3.



Köpmantorget, ovan. Version inför WS3.



Map generated with Pathways Generator, ©2015, Deltares, Carthago Consultancy

Köpmantorget – nybyggnation, ovan. Version 1 inför WS3.

Bilaga 3. Sammanfattande tabell

Nedanstående visas den tabell som sammanfattar de olika stegen i arbete.

Framgångskriterium	Generellt			För specifika objekt				
	Dönskad händelse	Acceptabel återkomsttid (Önskad händelse får inträffa som oftast vart)	Motsvarar havsvattenstånd i dagens klimat, cm	Objekt (Plats och höjd över havet)	nivå, cm	Marginal (höjd över havet – havsvattenstånd enligt acceptabel återkomsttid), cm	Åtgärder	
	Farleder blir (o)farbara	100	147	Sandarne	350	203		
	Avloppsreningsverk översvämmas			Söderhamn	270	123		
	Elcentraler översvämmas.	1000	183	E1 - centrum	180	-3	Drönare, Invallning, Höja spalten i centrum, Flytt, Tätta (lucka i taket)	
			183	E2 - längs ån	540	357		
			183	E3 Segevik	150	-33		
			183	Rönnskär		-183		
			183	Stenstuga		-183		
			183	Sandarne IP	650	467		
			183	Verkstäderna	360	177		
		Bredbandscentraler översvämmas	1000	183		500	317	
	Kustvägarna som försörjer tillfarter till bostäder översvämmas (Utviksvägen och Kustvägen)	50	136	Utviksv	150	14		
	Järnväg in till Sandarne hamn översvämmas	100	147			-147		
	Dagvattensystemet blir ofunktionellt	10	110			-110	Information om att det sker, Nya vägar ovan mark, LOD = Grönnytor i staden, Krav på ...	
	Bräddavlopp översvämmas					0	Täta ledningar, Informera om hur man inreder källare, Bygg inte nytt med källare, Flytta recipientpunkt, Flytta upp en våning, Fylla igen källare	
Infrastruktur fungerar	Stugsunds sjöräddningsstation översvämmas/otillgängliggörs	100/1000				0		
	Reningsverken (Sandarne specifikt) översvämmas				0			
	Industriområden översvämmas		183	Långror	200	17		
			183	Sandarne	100	-83		
			183	Stugsund	215	32		
			183	Faxe	110	-73	Riskreducerande åtgärder i biluppställningsområde, ta bort 1-2 dm, Utredda och åtgärda spill från impregnering, Flytta bussgarage	
			183	Grönskär	80	-103		
			183	Vågbro	220	37		
			183	Stugsunds hamn	280	97		
	Spannmållsilo översvämmas						0	
	Hamnar översvämmas							
	Pumpstationer översvämmas		10	136			-136	
	Transporter till fjärrvärmeverk hindras.		100	147			-147	
	Nedgrävda återvinnsstationer översvämmas		50	136			-136	
	FTIs återvinnsstationer översvämmas		50	136			-136	
	Lillån översvämmas		10	110			-110	
Polisstationen otillgängliggörs (källare)	100	147			-147			
Broar översvämmas (infra i Hambron)	100	147			-147			

Stadskärnan är en självklar mötesplats	Stadsfester blir inställda pga översvämning	10	110			-110		
	Parker och grönområden översvämmas oftare (Stadsparken, Gurkparken, Strykjärmparken)	100	147			-147		
	Sättningar i äldre byggnader pga grundvattenhöjningar					0		
	Andra anläggnings funktion påverkas av grundvattenhöjningar	1000	183			-183		
	Åstråket översvämmas oftare eller otillgängligt pga åtgärder	100	147			-147		
	Busshållplatser, Järnbron och Källparken, översvämmas och otillgängliggörs	100	147			-147		
	Broar översvämmas eller stängs	100	147			-147		
Stadskärnan översvämmas oftare (både bostäder och kommersiella fastigheter skadas)	1000	183	Köpmantorget	150		-33	Höja kajskoning, vattenspärar för dagvattenutlöde, Bygga in lätta material i perkeringsytor	
Byggnadsminnena och riksintresset i stadskärnan skadas permanent	1000	183				-183	För att hålla ut i juni för köpkonin, Anläggningar som är oönskade för överlevnaden. N...	
Ekosystem och ekosystemtjänster fungerar	Häckningsplatser för fåglar på Stenö översvämmas.	10	110			-110		
	Miljögifter läcker från Faxöområdet pga översvämning.	1000	183	Faxö Väst	130		-53	
	TBT från båtupställningsplatser sprids (Sandarne och Stenö BK, Söderhamns BS).			183	Faxö Öst	190		0
	Läckage från cisterner i oljehamnen i Sandarne (Långgrö). Inwallningen översvämmas						0	
	Se ovan						0	
	Översvämning i avloppssystemet (reningsverk, distribution och dagvatten)	100	147				-147	Valla in reningsverk, Höja hela anläggningen, Bygga vattentätt och trycksätta, Flytta reningsverk
	- Granskär - källkär						0	Transport till värmeverk annan väg, Andra transportsätt av flis till värmeverk
Samhällsservice fungerar	Badplatser översvämmas	10	110			-110		
	Ekologiskt viktiga strandzoner försvinner (redan hotade pga ianspråktagande, Sandviksudden, bl a)	10	110			-110		
	Ökning av oönskade, översvämningsgynnade arter (mygg)					0		
	Granskärs våtmark tappat funktion och släpper ut oönskade ämnen/partiklar (översvämning)	10				0		
	Gamla deponin (Granskär) kan börja läcka pga grundvattenhöjning eller havsöversvämning.	1000	183	Granskärs deponi	30		-153	Täta och täcka, Gräva bort, Gravar eller dräneringsrör, Avvakta
Området ska vara attraktivt för boende och besökande						0		
	Stugsunds sjöräddningsstation översvämmas/otillgängliggörs	10	110			-110		
Enskilda har fungerande VA-försörjning						0		
	Nyplanerade områden översvämmas	1000	183	Stugsunds hamn	200		17	
			183	Sandviksudden	60		-123	
						0		
						0		
						-147		
						0		