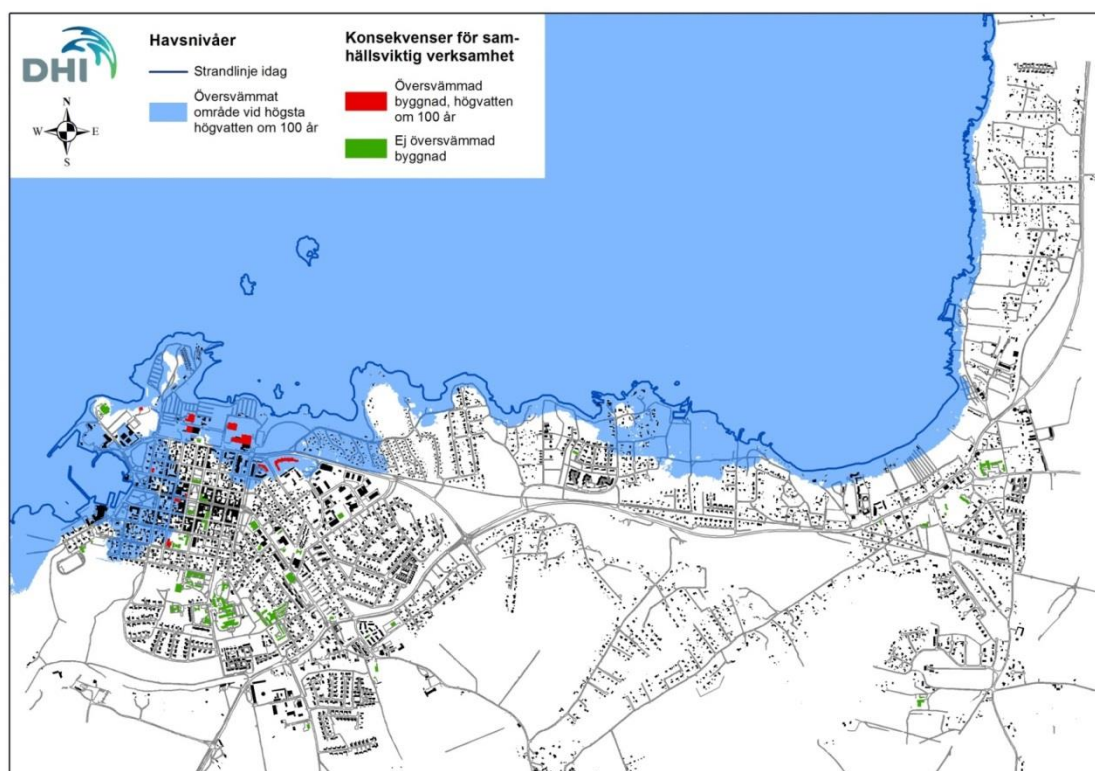


Beställare
Samhällsbyggnadsförvaltningen, Borgholms kommun

Risk- och sårbarhetsanalys

avseende klimatförändringars påverkan för tätorterna Borg-
holm och Köpingsvik



Uppdragsnummer
12802586

Malmö 2014-04-30

	LEDNINGSSYSTEM FÖR KVALITET ENLIGT ISO 9001:2008	
Projektets namn: Risk- och sårbarhetsanalys för tätorter- na Borgholm och Köpingsvik	Projekt nr: 12802586	
Projektledare: Erik Mårtensson	Beställare: Samhällsbyggnadsförvaltningen, Borgholms kommun	
Kvalitetsansvarig: Lars-Göran Gustafsson	Beställarens ombud: Helene Werthwein	
Handläggare: Maria Roldin, Christin Eriksson	Granskad av / datum: Lars-Göran Gustafsson / 2014-04-30	
Rapport version: Slutversion	Godkänd av kvalitetsansvarig / datum: Lars-Göran Gustafsson / 2014-04-30	

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte och avgränsningar	1
1.2	Beskrivning av området	1
1.3	Framtida klimat i Borgholms kommun	2
2	Risk- och konsekvensanalys	4
2.1	Stigande havsnivåer	4
2.1.1	Konsekvenser på samhällsviktig verksamhet	4
2.1.2	Konsekvenser på natur- och kulturvärden	9
2.2	Erosion	11
2.2.1	Bedömning av den aktuella kusten	11
2.2.2	Erosion och sedimenttransport	12
2.2.3	Värdering av dagens erosion	14
2.2.4	Kustlinjereträtt på grund av framtida havsnivåhöjning	18
2.3	Extrem nederbörd	19
2.3.1	Modellbeskrivning	20
2.3.2	Konsekvenser på samhällsviktig verksamhet	20
2.3.3	Konsekvenser på natur- och kulturvärden	27
3	Anpassningsåtgärder	28
3.1	Stigande hav och erosion	28
3.2	Extrema regn	31
3.2.1	Befintlig bebyggelse	31
3.2.2	Utredningsområden	35
4	Sammanfattning och rekommendationer	38
5	Referenser	40

1 Inledning

Borgholms kommun har efterfrågat en analys och en handlingsplan över ett avgränsat område inom Borgholms kommun avseende klimatförändringars påverkan på tätorterna Borgholm och Köpingsvik. Analysen ska visa på områdets sårbarhet genom bedömning av risker för påverkan och konsekvenser. Tyngdpunkten ska ligga på vilka åtgärder som krävs för att mildra eller hindra risker för påverkan på samhällena utifrån ett förändrat klimat med fokus på stigande havsnivåer och extrema regn.

DHI har på uppdrag av Borgholms kommun utfört denna analys, och metodik samt resultat presenteras i denna rapport.

1.1 Syfte och avgränsningar

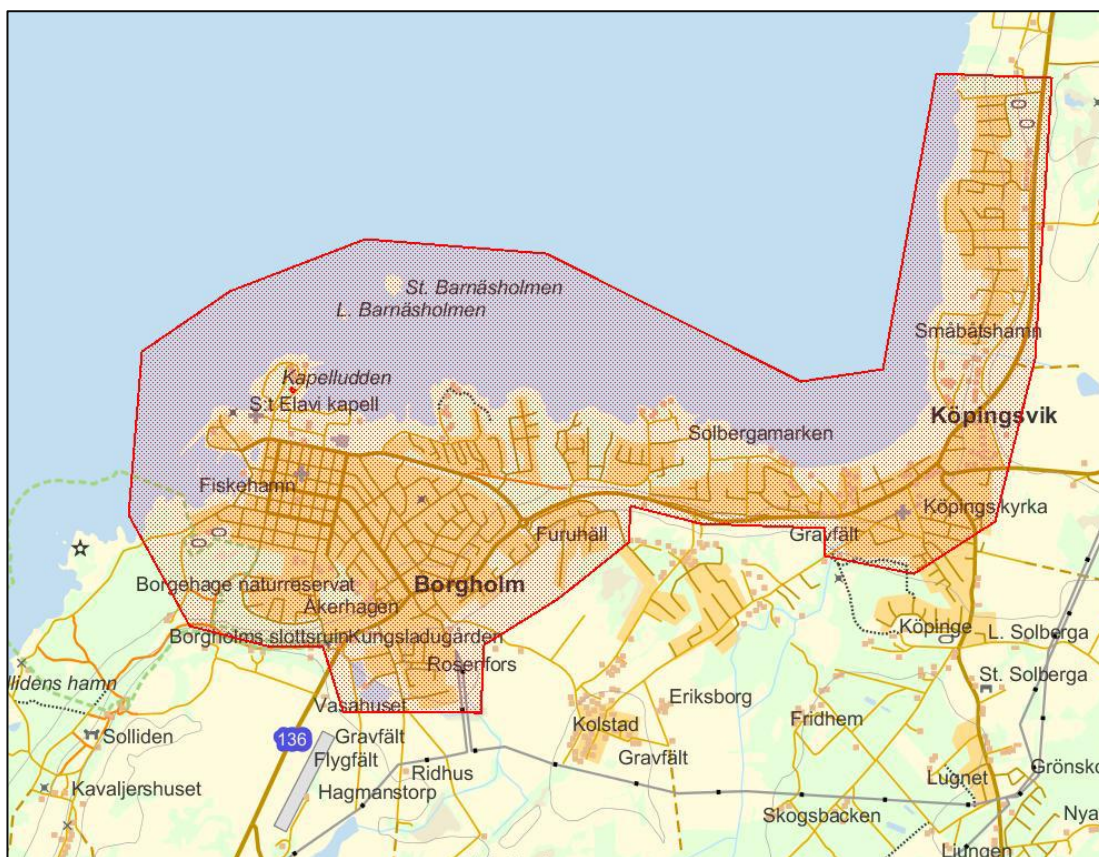
Utredningen syftar till att:

- Kartlägga områden som riskerar att drabbas av översvämning vid stigande havsnivåer samt i samband med extrem nederbörd, i ett 30- och ett 100 års perspektiv.
- Utredda hur befintlig och ny föreslagen bebyggelse kan skyddas.
- Bedöma risken för erosion längs med kusten.
- Analysera konsekvenserna av ovanstående risker för viktiga samhällsfunktioner samt natur- och kulturvärden.
- Föreslå lämpliga anpassningsåtgärder samt prioritering av dessa för att mildra konsekvenserna av stigande havsnivåer och extrema regn

Samtliga angivna nivåer i rapporten är i RH2000.

1.2 Beskrivning av området

Borgholm och Köpingsvik är kommunens två största tätorter som ligger på Ölands norra del vid Kalmarsund. Stora delar av Borgholms stad och kuststräcka upp till Köpingsvik i norr ligger låglänt, under 2,5 meter över havet. Köpingsviks samhälle öster om väg 136 är dock mindre känsligt för översvämningar eftersom det ligger högre (NHH). Området som inkluderats i analysen visas i Figur 1-1 nedan.



Figur 1-1. Området som inkluderas i risk- och sårbarhetsanalysen.

Borgholms kommun håller på att ta fram en fördjupad översiktsplan över området och ser att klimatfrågorna har en stor betydelse för orternas utveckling. Fördjupningen kommer att ta upp framtida risker för den befintliga bebyggelsen och infrastrukturen samt peka ut lämpliga områden för ny bebyggelse.

Samhällsbyggnadsförvaltningen har i ett första steg i samband med en pågående fördjupad översiktsplan identifierat ett område som sannolikt är känsligt för framtida stigande havsnivåer. Identifieringen grundar sig på höjddata från den nationella höjddatabasen (Lantmäteriet). Kommunen har även kunskap om att dagvattenhanteringen är otillräcklig inom samma område vid häftiga regn och vid hög nederbörd.

1.3 Framtida klimat i Borgholms kommun

DHI har på uppdrag av Länsstyrelsen i Kalmar län genomfört en regional klimatanalys vilken uppdaterades senast under 2012 (DHI, 2012). Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste slutsatserna avseende framtida klimatförändringar med fokus på Öland. Framtida havsnivåer beskrivs separat i avsnitt 2.1.

- Årsmedeltemperaturen förväntas stiga successivt fram till år 2100. Temperaturökningen är som störst under vintermånaderna och som minst under sommarmånaderna, dock ökar temperaturen under alla årets månader. I slutet på seklet är den beräknade årsmedeltemperaturen ungefär 11°C på Öland vilket är en ökning med 4 °C jämfört med referensperioden 1961-1990.
- En följd av den högre temperaturen är att vegetationsperioden beräknas förlängas. I slutet på seklet beräknas vegetationsperioden vara ca 60 dagar längre

än för referensperioden. Detta innebär en beräknad start i början på mars och slut i början på december för Ölands del.

- Årsmedelnederbörden beräknas öka med knappa 10 % till 2011-2040 och med ca 20 % till 2069-2098 jämfört med referensperioden 1961-1990. Detta motsvarar en ökad nederbördsvolym på 50 – 100 mm/år.
- En tydlig ökning av nederbörden ses framförallt under höst- och vintermånaderna, september-januari.
- Flödenas säsongsdynamik ändras med högre flöden under början och slutet på året och lägre flöden under vår, sommar och början på hösten. Årsmedelflödet minskar med ca 10 % på kort sikt (2011-2040) och ca 30 % på lång sikt (2069-2098).
- Vårfloden minskar och infaller tidigare till följd av den ökande temperaturen vilken reducerar snömagasineringsen. De högsta flödena inträffar istället under vintermånaderna då nederbörden beräknas öka.

De kortvariga, extrema regnen har inte behandlats specifikt i den regionala analysen men de senaste studierna i ämnet (Hernebring och Mårtensson, 2013) pekar mot en ökning i intensitet av 10-årsregnet med 10-30 % till slutet på seklet.

2 Risk- och konsekvensanalys

Första delen av utredningen innebär att kartlägga de risker som kan antas uppstå i ett framtida klimat samt analysera konsekvenserna av dessa på samhällsviktig verksamhet. Risker har kartlagts inom tre olika klimatrelaterade fenomen – översvämningsrisk vid stigande havsnivåer, erosionsrisker samt översvämningsrisker i samband med extrem nederbörd.

2.1 Stigande havsnivåer

I framtiden förväntas världshavens nivåer att stiga till följd av de pågående och kommande utsläppen av växthusgaser till atmosfären. Orsakssambanden kring varför världshaven stiger är komplicerade men de stora bidragen kommer från landisarnas avsmältning och varmare hav.

I samband med DHI's regionala klimatanalys för Kalmar 2010 gjordes beräkningar för framtida medelvattenyta och högsta högvatten till år 2040 och år 2100. Dessa beräkningar baserades på den senaste forskningen vid tidpunkten. I Tabell 1 redovisas det mest extrema scenariot från den regionala analysen baserat på en höjning av medelvattenytan med 1,2 m till år 2100. Nivåerna från den regionala analysen har räknats om från RH70 och redovisas i RH2000 i Tabell 1. Här ses att högsta högvatten, den högst uppmätta nivån från Ölands norra udde, är 135 cm över medelvattenytan. En extremvärdesanalys av uppmätta nivåer indikerar att denna nivå har en återkomsttid på 100-200 år. Noterbart från extremvärdesanalysen att en nivå på ca 100 cm över medelvattenytan motsvarar en nivå med 5 års återkomsttid, dvs. en nivå som i snitt inträffar vart 5:e år.

Sedan den regionala analysen togs fram har FN's klimatpanel utkommit med ytterligare en sammanställning av den samlade forskningsbilden av framtidens klimat (IPCC,2013). Siffrorna för den förväntade ökningen av världshaven skiljer sig inte radikalt från tidigare rapporter. Det mest extrema scenariot i rapporten redovisar en höjning av medelvattenytan med 1 m till år 2100 vilket gör att de nivåer som togs fram i den regionala analysen är något i överkant. Då världshaven med allra största sannolikhet förväntas fortsätta att stiga efter år 2100 (IPCC, 2013) är det vid långsiktig planering viktigt att tänka bortom år 2100. Med detta i åtanke och de stora osäkerheterna som fortfarande föreligger kring världshavens nivå kring år 2100 har vi valt att redovisa samma nivåer som användes i den analys som togs fram för Kalmar län 2010.

Tabell 1. Förväntade havsnivåhöjningar till år 2040 och 2100 i RH2000.

	2040	2100
Medelvattenyta	14 cm	134 cm
Högsta högvatten	149 cm	269 cm

2.1.1 Konsekvenser på samhällsviktig verksamhet

I syfte att kartlägga vilka områden som riskerar att översvämmas till följd av stigande havsnivåer har dynamiska beräkningar gjorts med programvaran MIKE 21 för framtida högsta högvatten år 2040 respektive år 2100. Extrema havsnivåer inträffar under korta tidsperioder (timmar) varför dynamiska beräkningar där havsnivån successivt stiger till högsta högvatten för att sedan sjunka igen har gjorts. Förloppen som studerats har haft en total varaktighet på 12 timmar.

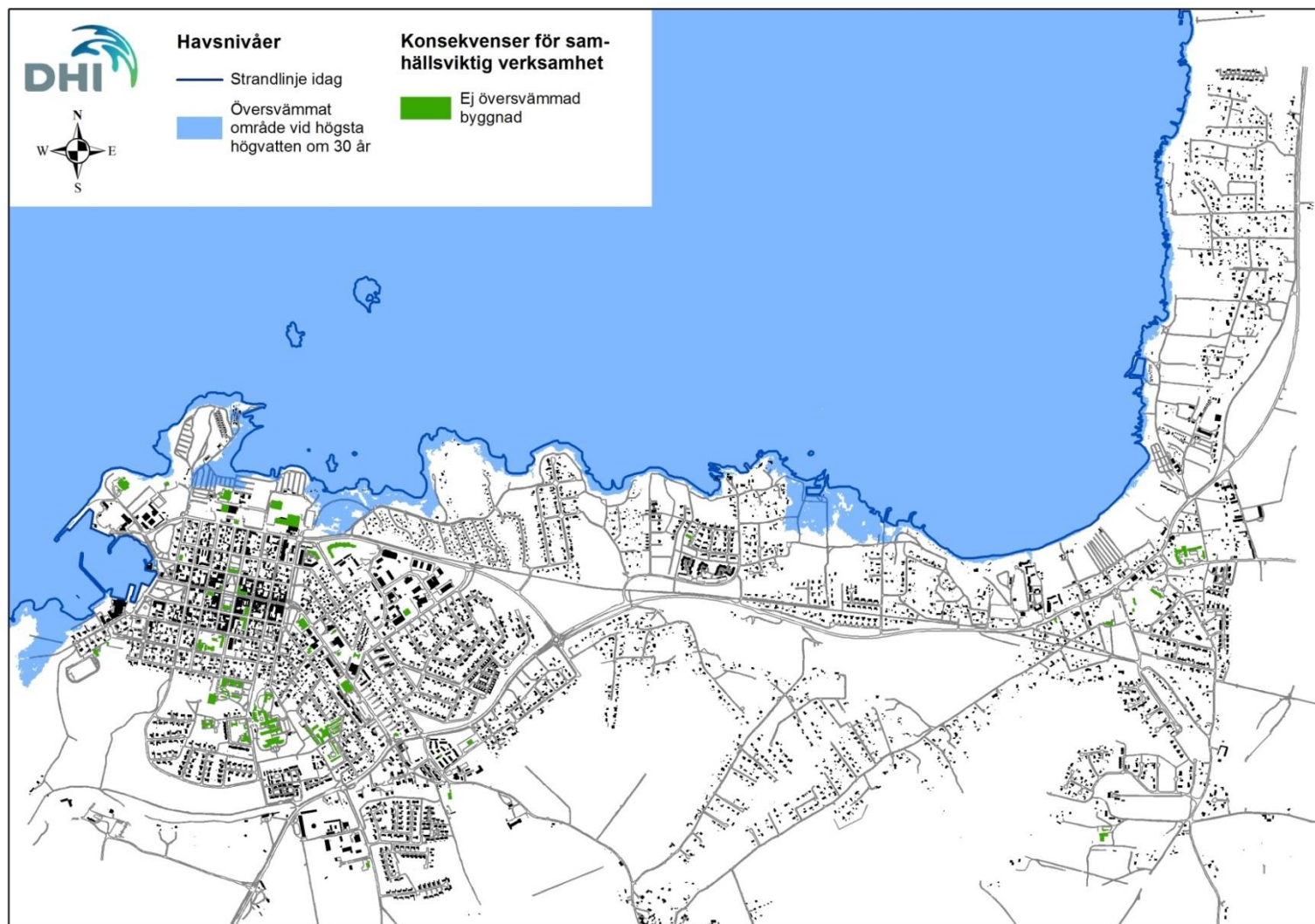
Resultaten visar att högsta högvatten på 30 års sikt (år 2040) inte bedöms påverka samhällsviktig verksamhet. Inga av de byggnader som anges ha samhällsviktig funktion nås av det stigande vattnet. Översvämmade områden vid högsta högvatten om 30 år visas i Figur 2-1.

På 100 års sikt är det ett tjugotal byggnader med samhällsviktig verksamhet som bedöms bli påverkade av extrema havsnivåer. Dessa är sammanfattade i Tabell 2, samt illustreras i Figur 2-2. I figuren ses också att närmare halva Borgholms tätort kommer att stå under vatten vid detta framtidsscenario, vilket naturligtvis leder till mycket stora konsekvenser utöver de konsekvenser som översvämning av samhällsviktig verksamhet innebär.

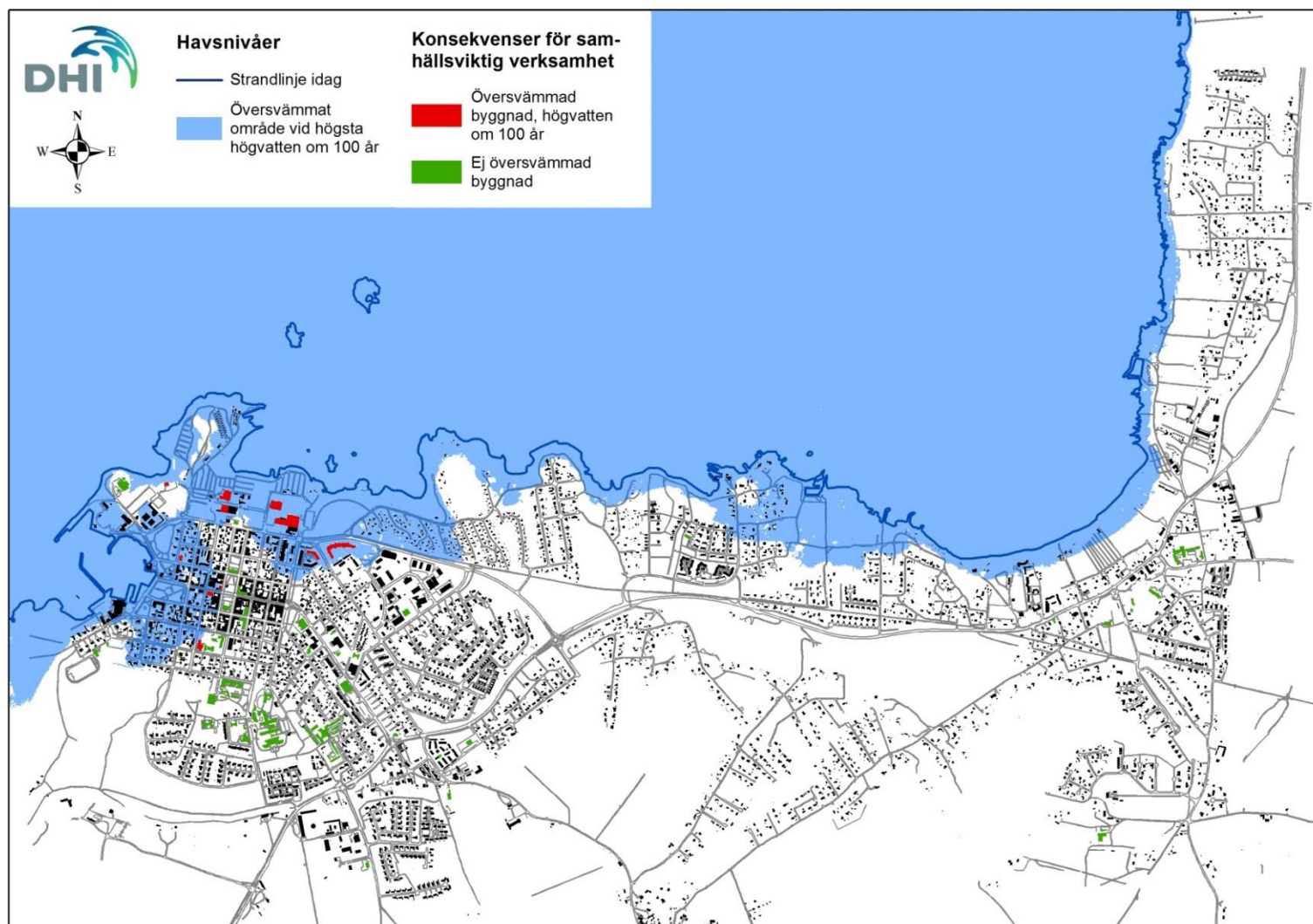
Tabell 2. Översvämmade byggnader med samhällsviktig verksamhet, sorterade utifrån funktion, vid högsta högvatten om 100 år.

Funktion	Antal översvämmade vid högsta högvatten om 100 år
Vård och omsorg	7
Transformatorstation, ställverk	5
Sport och fritid	2
Församlingshus	2
Skola	1
Fjärrvärmeverk, vattenverk, reningsverk	1
Matbutiker	1
Bank, post	1
Apotek	1
Övrigt	1

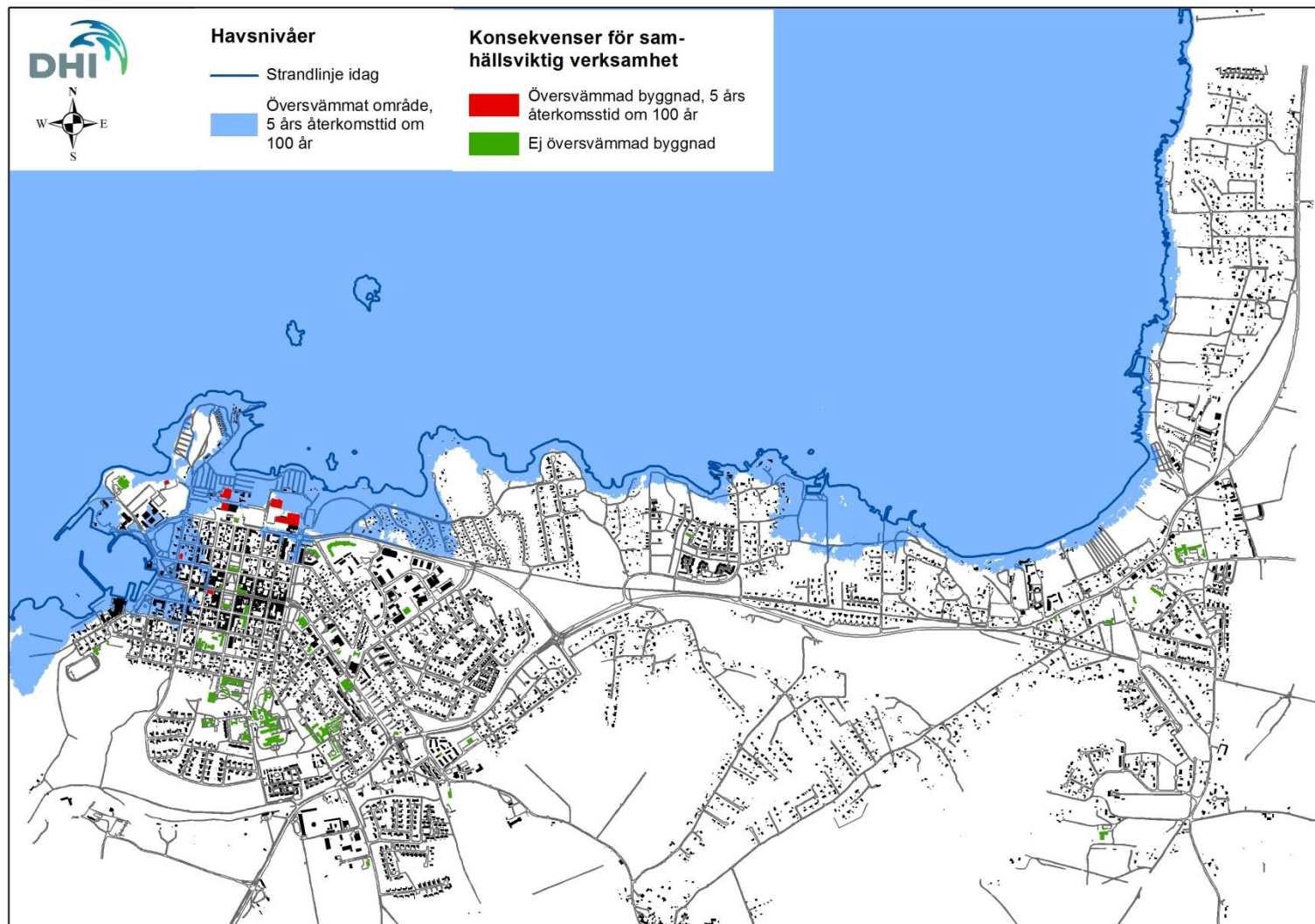
Viktigt att ha i åtanke när översvämningskartorna studeras är att högsta högvatten 2040 ligger nära medelvattenytan år 2100. Även om ingen samhällsviktig verksamhet eller annan bebyggelse drabbas vid denna nivå så krävs endast ett par dm höjning av nivån för att bebyggelse ska bli påverkad. Detta innebär att det inte kommer att krävas några extrema nivåer år 2100 för att både samhällsviktig verksamhet och övrig bebyggelse riskerar att översvämmas. För att illustrera detta visas i Figur 2-3 påverkan av en nivå på 234 cm vilket motsvarar en nivå med 5 års återkomsttid år 2100.



Figur 2-1. Översvämmade områden vid beräknat högsta högvattenstånd om 30 år. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



Figur 2-2. Översvämmade områden vid beräknat högsta högvattenstånd om 100 år. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



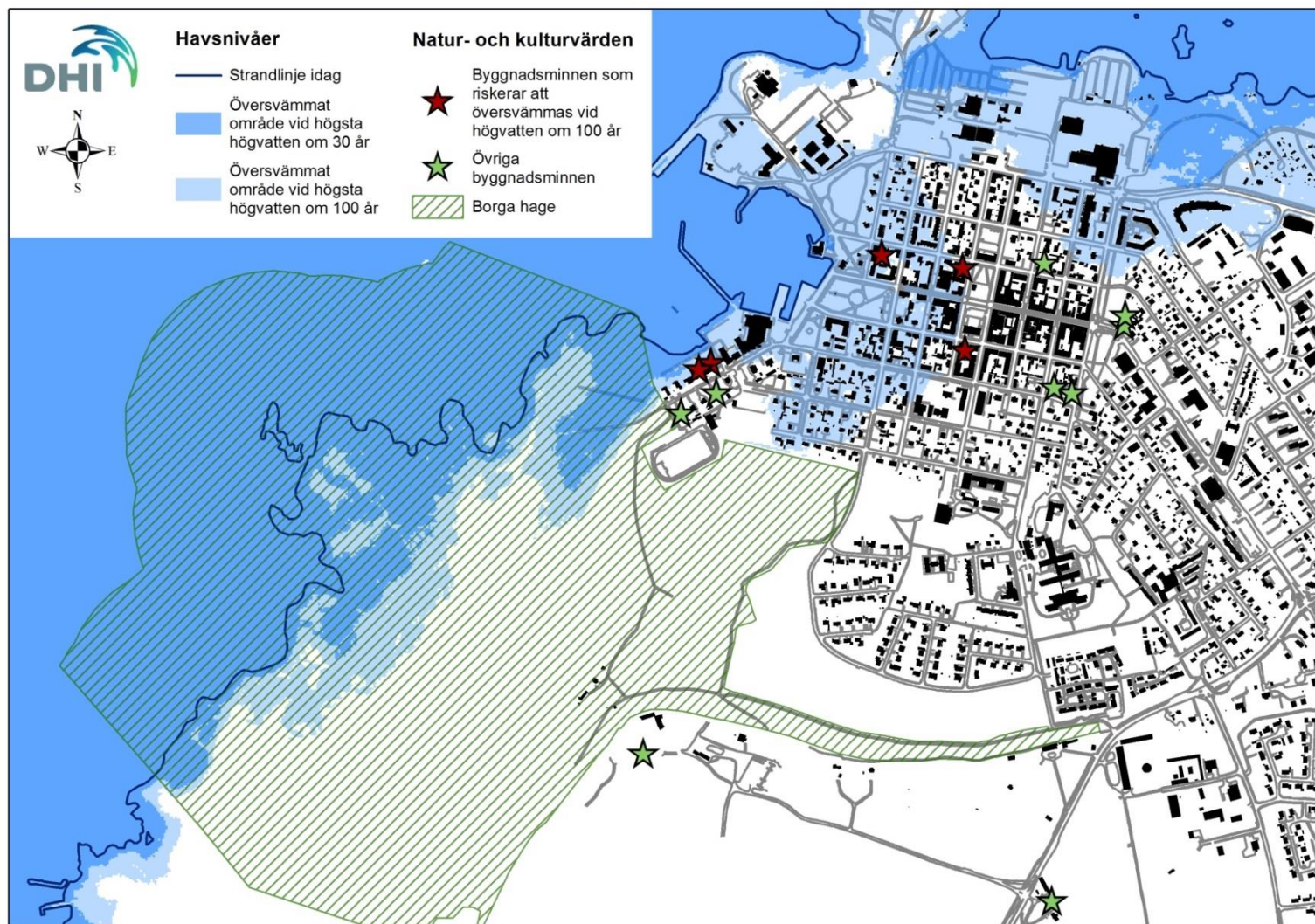
Figur 2-3. Översvämmade områden år 2100 vid högvatten med 5 års återkomsttid. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.

2.1.2 Konsekvenser på natur- och kulturvärden

Högsta högvatten om 30 år bedöms inte utgöra någon risk för något av de byggnadsminnen som ingår i analysen. De strandnära områdena av naturreservatet Borga hage kommer att bli översvämmade, särskilt utsatt är området vid Kråkudden där Borgholms fyr ligger, som kommer att bli nästan helt översvämmat.

Om 100 år bedöms högsta högvatten kunna utgöra risk för följande byggnadsminnen: Wollinska villan, Kronomagasinet, samt eventuellt Borgholms bio och rektorsbostället från 1850-talet vid korsningen Norra Långgatan – Västra Kyrkogatan. Stora delar – upp emot en tredjedel – av naturreservatet Borga hage kommer att översvämmas.

Översvämmade områden och utsatta byggnadsminnen visas i Figur 2-4.



Figur 2-4. Högvattennivåer samt utsatta natur- och kulturvärden i området kring Borgholms tätort.

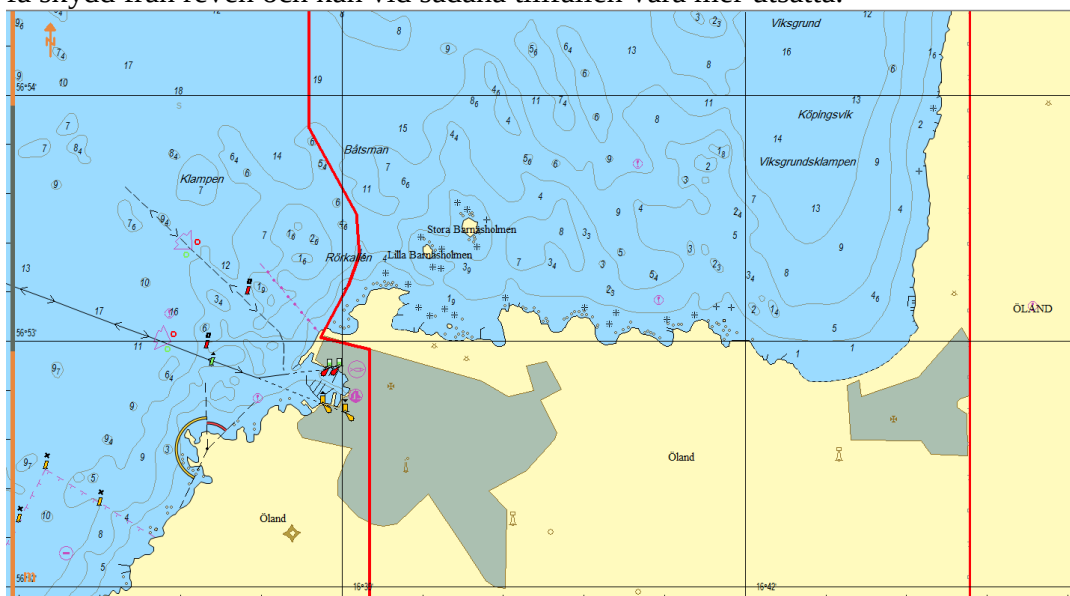
2.2 Erosion

I detta avsnitt presenteras en samlad bedömning av den framtida potentialen för kusterosion till följd av stigande havsnivåer. Höjningen av havsnivån kommer att orsaka en reträtt av kustlinjen genom två separata effekter. För det första kommer den stigande havsnivån översvämma lågt liggande kustområden vilket beskrivs i föregående avsnitt. För det andra, då havsnivån stiger, kommer vågornas inverkan att ändra kustprofilen så att den kommer i jämvikt med den nya havsnivån. I samband med havsnivåhöjningen sker en omarbetning av de kustnära sedimenten vilket i vissa fall kan orsaka betydande erosion och vid sådana tillfällen orsaka ytterligare reträtt av strandlinjen. Den sammanlagda strandlinjere reträtten som kan uppstå är därför summan av reträtten som förväntas uppstå på grund av var och en av dessa effekter. För att uppskatta den framtida erosionen görs först en analys av de generella dragen hos den aktuella kustlinjen baserad på tillgänglig information och utifrån detta bedöms den nuvarande erosionen längs kusten.

2.2.1 Bedömning av den aktuella kusten

Vågklimat

Den aktuella kusten ligger på västra sidan av Öland och vetter mot Kalmarsund och det svenska fastlandet. På grund av de mycket begränsade ströklängderna i Kalmarsund är vågklimatet längs Borgholms kust mycket mildt. Som framgår av sjökortet i Figur 2-5, ligger ett antal grundområden eller rev strax utanför kusten norr om Borgholm. Dessa rev kommer sannolikt att leda bort mycket av vågenergin under en storm vilket minskar vågorna vid kusten som ligger på läsidan av reven. Under typiska stormförhållanden med vågor från sydväst agerar reven som skydd för hela kusten. I de sällsynta fall en nordlig storm inträffar kommer kuststräckan från Köpingsvik och vidare norrut inte att få skydd från reven och kan vid sådana tillfällen vara mer utsatta.



Figur 2-5 Sjökort för den aktuella kuststräckan.

Geologi

Från Borgholm och längre norrut längs den östra kusten av Öland utgörs geologin främst av glimmerrika sedimentära bergarter som lerskiffer och siltsten. Inåt landet dominerar kalksten. Avsättningar av sand har ackumulerats i vissa vikar och ibland bildat små inneslutna stränder.

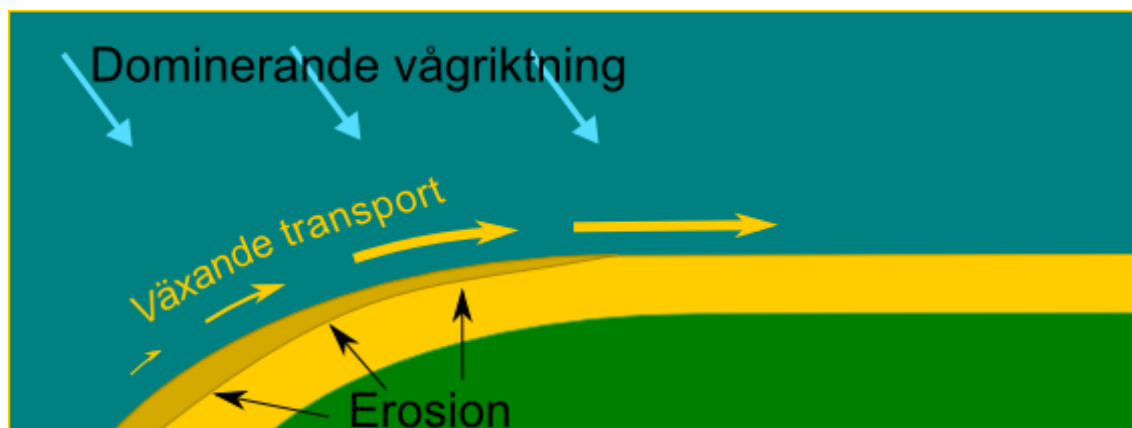
2.2.2 Erosion och sedimenttransport

Kusterosion uppstår som en följd av obalans i sedimenttransporten i kustzonen. Den viktigaste faktorn som orsakar sedimenttransport i kustzonen är vågor. När vågorna närmar sig kusten och så småningom bryter, skapas det strömmar. Samtidigt gör vågor-
nas inverkan att sediment rörs upp från havsbotten så att det kan transporteras med strömmen. Denna växelverkan mellan vågor och strömmar kan transportera stora mängder sediment, vilken kan orsaka erosion på platser där sediment främst transporteras bort och tillsandning på platser där sediment huvudsakligen deponeras. Generellt sett är sedimenttransportmönster mycket komplexa och svåra att förutsäga exakt.

I syfte att tillhandahålla en förenklad förståelse av den kustnära sedimenttransporten separeras den ofta i två komponenter, nämligen längsgående transport och tvärgående transport. Båda komponenterna i sedimenttransporten kan ge kusterosion, dock genom olika samband. Erosion som orsakas av längsgående sedimenttransport kallas kronisk erosion medan erosion på grund av tvärgående transport kallas akut erosion. Erosionen som syns på kusten är summan av bidragen från dessa två komponenter. I de följande avsnitten beskrivs de två typerna av erosion.

Längsgående sedimenttransport

Längsgående sedimenttransport uppstår när vågor närmar sig kusten med en vinkel. I dessa fall kommer de brytande vågorna att driva starka strömmar längs kusten som så småningom orsakar transport av sediment längs kusten. Nettoeffekten av det sediment som i genomsnitt transporteras längs kusten varje år benämns littoraldrift. Storleken och riktningen av littoraldriften beror på många olika faktorer; såsom vågklimatet (höjd och riktning på vågorna), typen och mängden sediment som finns tillgängligt och formen på havsbotten nära land (kustprofilen). När en kust bedöms är det viktigt att titta på sedimentens kornstorlek. Sediment, såsom sand och silt, vilka har små kornstorlekar är mycket lättare att transportera än grövre material såsom grus eller sten. De vågförhållanden som klarar att transportera en betydande mängd sand kommer att orsaka mycket mindre eller ingen transport av grövre material, såsom grus eller stenar. En kust kommer att utsättas för erosion till följd av längsgående sedimenttransport om littoraldriften ökar i transportriktningen, se Figur 2-6. I detta fall kommer en del av kusten att få mindre sediment uppströms än vad den förlorar nedströms och denna del av kusten kommer därför att drabbas av en nettoförlust på sediment. Denna borttransport av sediment utgör en kronisk erosion, vilket om den får fortgå kommer att orsaka en reträtt av kustlinjen.

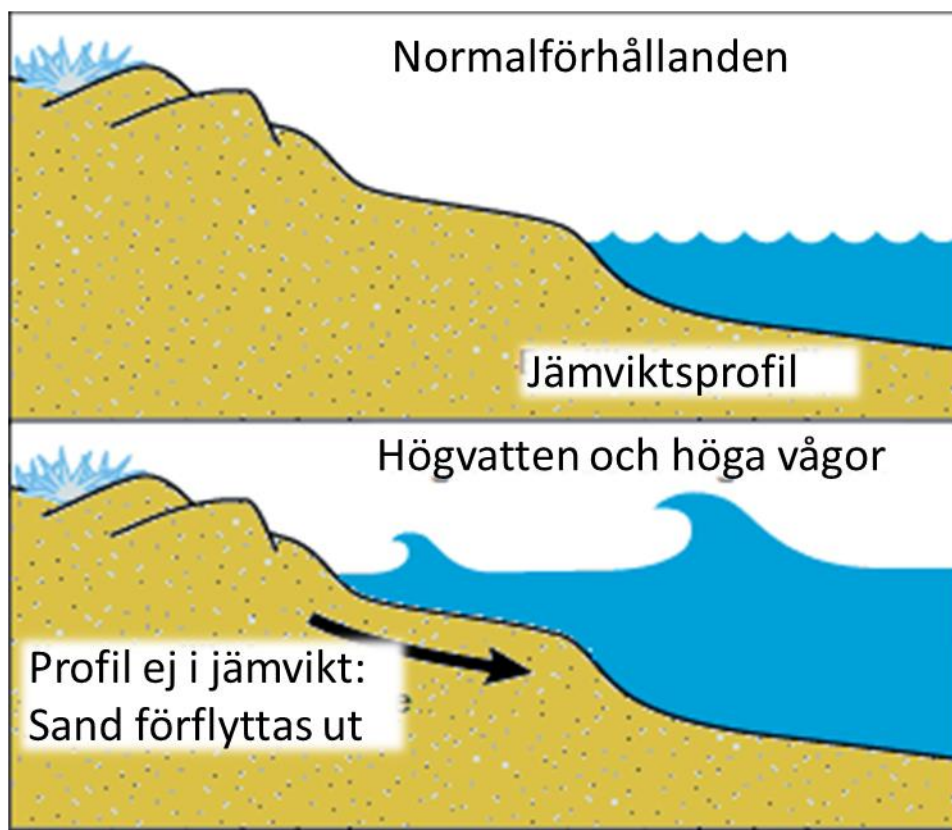


Figur 2-6 Skiss som illustrerar principen över hur ökande littoraldrift orsakar erosion och kustlinjereträtt.

Tvärgående sedimenttransport och akut erosion

Alla vågor oavsett deras infallsvinkel mot kusten orsakar transport av sediment vinkelrätt mot kusten, d.v.s. tvärgående transport. Vågorna reformerar ständigt kusten genom den tvärgående transporten och bygger upp en kustprofil till ett jämviktsläge. Alla stränder tenderar därför att ha en profil som är i jämvikt med de rådande vågförhållandena, den så kallade jämviktsprofilen. Formen på kustprofilen beror främst på sedimentens kornstorlek, vågklimatet och vattennivån. Fina sediment tenderar att bilda en svagt sluttande strand medan grövre sediment kommer att forma en brantare strand. Utöver detta tenderar höga vågor att platta till strandprofilen medan mindre vågor bygger en brantare profil.

Om kustprofilen inte motsvarar jämviktsprofilen kommer vågorna att omarbete sedimenten tills jämviktsprofilen har upprättats. Detta kan orsaka akut erosion såsom illustreras i Figur 2-7. Om en strand som är i jämvikt under normala vågförhållanden utsätts för ett tillfälle med höga vattennivåer och stora vågor, kommer vågorna att ombilda kustprofil till en profil som är i jämvikt med dessa stormförhållanden. Eftersom denna stormprofil är plattare och når längre upp på stranden kommer denna omarbetning av stranden att orsaka en urholkning av den övre delen av kustprofilen. Detta kallas akut erosion och är inte helt reversibel eftersom en del av sanden som förflyttas från stranden transporteras så långt ut till havs på grund av de extrema förhållandena att den inte kommer att återvända till den kustnära delen av profilen.



Figur 2-7 Skiss som illustrerar hur höga vattennivåer kombinerat med stora vågor kan orsaka erosion högt upp på stranden s.k. akut erosion.

2.2.3 Värdering av dagens erosion

Innan några bedömningar kan göras av den potentiella framtida erosionen är det nödvändigt att bedöma dagens erosion av kusten. Detta har skett genom en kustlinjeanalys där läget för dagens kustlinje har jämförts med den historiska kustlinjen. Den nuvarande kustlinjen har erhållits från flygbilder tagna under 2008, medan den historiska kustlinjen har erhållits från flygbilder från 1940-talet (se ex i Figur 2-8). För att säkerställa en korrekt positionering av de två kustlinjerna var de två flygbilderna rektifierade mot varandra. En jämförelse av koordinaterna för några objekt i de två bilderna visar att rektifieringen har en noggrannhet om mindre än 10 meter.



Figur 2-8 Analyserade flygfoton från 1940-talet (vänster) och 2008 (höger)

Det cirka 60 år långa tidsspann av analysen kombinerat med 10 m noggrannhet innebär att det bör vara möjligt att spåra förändringar i kustlinjens läge som är mindre än 20 cm/år.

Borgholm till Köpingsvik

Den kuststräcka som sträcker sig från strax söder om Borgholm till Köpingsvik består av många små utstickare eller uddar. På dessa uddar består kusten av berg och sten och endast mycket lite sand. Mellan vissa av uddarna finns ansamlingar av sand som i vissa fall bildar små slutna stränder.

På grund av det faktum att de skjuter ut från den övergripande formen av kusten utsätts dessa små uddar för ett visst erosionstryck. Längsgående sedimenttransport kommer därmed att avlägsna allt tillgängligt sediment från uddarna och placera det i vikarna. Stränderna som finns i vissa av vikarna är ett resultat av att sediment ansamlats på detta sätt.

Det faktum att uddarna nästan uteslutande består av stenar eller klippor minskar sedimenttransporten kraftigt vid kusten och gör dessutom kusten mycket motståndskraftig mot erosion.

Analysen av den historiska kustlinjeutvecklingen visar inga tecken på kustlinjereträtt. Denna observation ger stöd till det tidigare antagandet att vågklimatet är för svagt för att orsaka någon betydande erosion. Kustlinjen förväntas därför vara stabil under dagens förhållanden.



Figur 2-9 Foto av kusten nära Borgholm. Kusten består nästan uteslutande av sten och klippor med lite eller ingen sand.

Köpingsviks strand

Köpingbukten är en ca 1 km lång sandstrand. Lutningen på stranden är mycket mild, något som är typisk för stränder som ackumulerar sediment. Det är troligt att denna strand har bildats av sand som förflyttats hit från intilliggande kuststräckor av långsgående sedimenttransport. Då den långsgående sedimenttransporten längs de intilliggande kuststräckorna är mycket liten på grund av den begränsade sandtillgången och de små vågorna beräknas ansamling av sediment på stranden ske mycket långsamt. Kustlinjeanalysen visar att stranden är stabil och längs vissa delar har strandlinjen avancerat vilket betyder att stranden växer. Detta tillskott ses främst längs den nordvästra delen av stranden där strandlinjen har avancerat med upp till 20 meter sedan 1940-talet. Baserat på den historiska analysen samt de allmänna iakttagelserna av kusten dras slutsatsen att stranden för närvarande är stabil eller under långsam påbyggnad.

Norr om Köpingsvik

Norr om stranden vid Köpingsvik är kusten mer rak och verkar vara mindre stenig än väster om Köpingbukten. Satellitbilder visar att förutom att sand ackumuleras i små vikar återfinns sanden också längre ut i kustprofilen. Det faktum att kusten är rät och att sanden är mer rikligt förekommande i förhållande till kusten väster om Köpingsvik indikerar att den är mer utsatt för erosion.

Baserat på kustlinjeanalysen har det inte varit möjligt att identifiera någon reträtt av kustlinjen. Detta är delvis på grund av den dåliga kvaliteten på de historiska flygbilder som på vissa platser gör det svårt att identifiera den exakta positionen för antingen strandlinjen eller vegetationslinjen. På de platser där dessa linjer tydligt går att identifiera har det inte skett någon förändring i position över tiden. Det är därför möjligt att en del korta sträckor av kusten har upplevt begränsad strandlinjere reträtt men totalt anses kusten vara stabil.



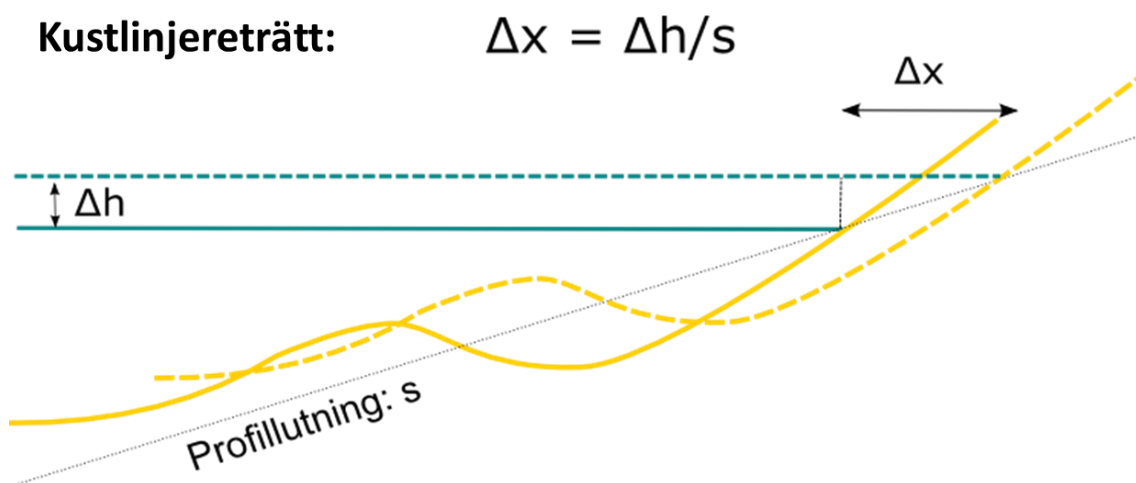
Figur 2-10 Foto av västra delen av Köpingbukten som visar övergången från svagt lutande sandstrand till stenig kust. Att stranden är bevuxen hela vägen ner till vattenlinjen tyder på att kusten är utsatt för väldigt begränsad vågpåverkan.



Figur 2-11 Foto som visar den norra delen av Köpingbukten.

2.2.4 Kustlinjereträtt på grund av framtida havsnivåhöjning

Utöver den primära effekten av klimatförändringar på kusten kommer det att bli en ökning av havsytan. För Borgholm kommun väntas den genomsnittliga havsnivån år 2100 att bli cirka 1,34 m över dagens nivå. Höjning av havsnivån kommer att orsaka en ökning av trycket från akut erosion eftersom kustprofilen måste anpassa sig till de nya vattennivåerna. Storleken på denna akuta erosion kan uppskattas med hjälp av den så kallade Bruuns regel. Bruuns regel förutsätter att när havsnivån stiger kommer formen (och därmed lutningen) av kustprofilen att bevaras. Höjning av havsnivån kommer helt enkelt att verka för att flytta hela kustprofilen uppåt och in mot land. Den vertikala förskjutning ges av den stigande havsnivån, medan den horisontella förskjutningen erhålls genom att dividera den vertikala förskjutning av den totala lutningen för den aktiva kustprofil som visas i Figur 2-12.



Figur 2-12 Skiss som illustrerar principen bakom Bruuns regel. Allt eftersom havet stiger från dagens förhållanden (heldragna linjer) till framtida nivåer (streckade linjer) kommer kustprofilen att bevara sitt utseende men förflyttas uppåt och inåt längs kustprofilen.

Det bör noteras att på grund av sin enkelhet ger Bruuns regel endast en mycket grov uppskattning av omfattningen av den erosion som orsakas av stigande havsnivåer. Förutom osäkerheten i samband med tillämpningen av Bruun regel är det nödvändigt att ta hänsyn till den allmänna osäkerheten i samband med förutsägelser om framtida höjning av havsnivån. Därmed bör de uppskattningar av framtida erosion vilka presenteras nedan betraktas som en mycket grov första uppskattning.

Den långsgående sedimenttransporten och därmed den kroniska erosionen är inte särskilt påverkad av en ökning av havsnivån. Små förändringar i den långsgående sedimenttransporten kan uppstå på grund av förändringar i vindmönstret och därmed i vågklimatet. Sådana effekter bedöms dock vara av mindre betydelse i förhållande till ökningen av akut erosion som förväntas bli följden av en ökning av havsytan.

Det är viktigt att notera att havsnivån förväntas accelerera under det kommande seklet vilket innebär att det i början kommer att ske med en ganska långsam takt, medan det kommer att ske i mycket snabbare takt mot slutet av seklet. Därmed kommer den strandlinjereträtt som orsakas av havsnivån också att uppvisa ett accelererande beteende. När man beräknar strandlinjereträtten utifrån 2100 års medelvattenstånd bör detta accelererande beteende hållas i åtanke. Under den första hälften av århundradet kommer

strandlinjereträtten således ske i relativt långsam takt medan större delen av den förutspådda strandlinjereträtten kommer att ske under den sista halvan av århundradet.

Borgholm till Köpingsvik

Såsom beskrivits ovan består denna kust huvudsakligen av berg eller stenar, vilket gör den mycket resistent mot erosion. Vidare utsätts kusten för mycket begränsad vågpåverkan och kusten har därför historiskt varit stabil. Att döma av den information som finns tillgänglig för vågförhållanden längs kusten är dessa för milda för att orsaka en betydande omarbetning av kusten och har därför inte orsakat någon erosion. Även om havsnivån förväntas stiga i framtiden kommer inte vågorna att kunna orsaka någon betydande erosion. Kustlinjereträtt längs denna kuststräcka väntas därför vara helt orsakad av översvämning.

Köpingsvik strand

Då Köpingsvik är en sandstrand kommer den att uppleva en justering av den kustnära profilen allt eftersom havsytan stiger. Den potentiella erosionen som orsakas av en justering av kustprofilen har uppskattats med Bruuns regel. Genom att analysera sjökortet som visas i Figur 2-5 samt tillgängliga bilder har den totala lutningen för kustprofilen uppskattats till ungefär 1/200. Genom att tillämpa Bruuns regel ger detta en strandlinjereträtt till följd av stigande havsnivåer om ca 150 m fram till år 2100. Erosionen som orsakas av en stigande havsnivå kan motverkas något av den långsamma tillsandningen som sker idag.

Det bör understrykas att uppskattningen av framtida kustreträtt beräknat utifrån Bruuns regel endast ger en grov indikation på hur känslig en kust är för erosion till följd av stigande havsnivåer. Den nuvarande uppskattningen tjänar alltså främst till för att illustrera att stranden vid Köpingsvik förväntas vara ganska känslig för en höjning av havsnivån och att det kan vara nödvändigt att vidta korrigerande åtgärder för att förhindra förlust av byggnader eller egendom på lång sikt.

Norr om Köpingsvik

Inga direkta bevis för att kusten norr om Köpingsvik eroderar har kunnat påvisas. Dock visar den övergripande karaktären av kusten att långsam erosion kan förekomma längs vissa delsträckor och att kusten därför kan komma att uppleva viss erosion på grund av stigande havsnivåer.

Sjökortet visar att lutningen av kustprofilen norr om Köpingsvik är något brantare på stranden och den har uppskattats till att vara ungefär 1/75. Genom att tillämpa Bruuns regel ger detta en uppskattning av den potentiella framtida erosionen om 100 meter. Då kusten har visat sig att vara ganska resistent mot erosion är sannolikt uppskattningen erhållen genom Bruuns regel en överskattning av den kommande erosionen. Den faktiska erosionen kommer sannolikt att vara mycket mindre än 100 m och en del sträckor av kusten kommer sannolikt inte att uppleva någon märkbar erosion

2.3 Extrem nederbörd

När dagvattensystemets kapacitet överskrids sker ytlig avrinning och ansamling av vatten i lågpunkter vilket orsakar en översvämning. Hur mycket vatten som transporteras på ytan och blir stående är även avhängigt av hur kraftigt regnet är. I syfte att utreda konsekvenserna vid ett skyfall över Borgholm och Köpingsvik har översvämningsberäkningar genomförts för ett framtida 100-årsregn. I följande avsnitt beskrivs beräkningsförutsättningar, resultat och konsekvenser.

2.3.1 Modellbeskrivning

Utifrån NNH har en tvådimensionell hydraulisk modell etablerats i programvaran MIKE21. Terrängmodellen har modifierats så till vida att nivån för alla hus och byggnader höjts för att möjliggöra transport av vatten runt husen. Med modellen kan sedan markavrinningen på ytan beskrivas i samband med en regnhändelse.

Enligt Svenskt Vatten P90 ska våra VA-system grovt sett vara dimensionerade för att klara ett regn med 10-års återkomsttid. I verkligheten varierar kapaciteten i systemet och kan vara både högre och lägre. Befintligt dagvattennät i Borgholm och Köpingsvik bedöms kunna hantera ett 10-årsregn (muntlig kommunikation med Jörgen Ljungholm, Borgholm Energi, 2014-03-10).

I syfte att studera konsekvenserna av ett extremt regn har MIKE21-modellen belastats med ett dimensionerande framtida 100-årsregn, vilket motsvarar dagens 100-årsregn ökat med 20%. Varaktigheten har antagits till 30 minuter, vilket resulterar i en regnvolym motsvarande 53 mm.

Hänsyn till ledningssystemets kapacitet har schablonmässigt gjorts genom att reducera volym och intensitet för 100-årsregnet motsvarande dagens 10-årsregn med 30 min varaktighet (21 mm). Detta har gjorts för alla de hårdgjorda ytor som kan antas vara koplade till dagvattennätet, och förutsättningen för att denna approximation ska vara rimlig är naturligtvis att ledningsnätet är i gott skick så att kapaciteten inte försämras väsentligt över tid.

Till terrängmodellen har kopplats en infiltrationsmodul som låter delar av vattnet infiltrera istället för att rinna av på ytan. Infiltrationskapaciteten har ansatts till 10^{-5} m/s för alla gröna (genomsläppliga) ytor, vilket är ett rimligt värde för matjord som kan antas dominera de övre jordlagren i området.

Resultaten från beräkningen inkluderar maximala ytvattendjup, maximal översvämningsutbredning samt flödesvägar och flödes hastigheter.

2.3.2 Konsekvenser på samhällsviktig verksamhet

De beräknade vattendjupen har delats in i tre kategorier efter graden av olägenhet:

- 0.1 – 0.3 m, besvärligt att ta sig fram, risk för skada
- 0.3 – 0.5 m, ej möjligt att ta sig fram med motorfordon, risk för stor skada
- > 0.5 m, stora materiella skador, risk för hälsa och liv

Konsekvenserna av ett 100-årsregn har analyserats genom att undersöka vilka byggnader med samhällsviktig verksamhet som riskerar att få vatten stående med mer än 0.1 m, 0.3 m respektive 0.5 m intill byggnaden vid ett sådant regn. De berörda byggnaderna har valts ut genom att jämföra GIS-informationen om samhällsviktig verksamhet med resultaten från modellberäkningarna.

Analysen visar att runt hälften (117 av totalt 211) av alla de byggnader som angetts inrymma samhällsviktig verksamhet löper risk att drabbas av översvämnningar med minst 0.1 m vid ett framtida 100-årsregn. 26 byggnader drabbas av mer än 0.3 m stående vatten intill byggnaden, och 8 byggnader av mer än 0.5 m vatten intill byggnaden. Figur 2-13 till och med Figur 2-17 visar dessa på kartan, och Tabell 3 sammanfattar typen av verksamhet för de drabbade byggnaderna. Denna sortering är dock relativt grov då ingen hänsyn tas till storleken på översvämningsytorna – en mycket lokal sänka i närheten av en byggnad kan ge höga värden på ytvattendjup även om byggnaden i övrigt är rela-

tivt förskonad. Som komplettering till tabellen och figurerna har därför en manuell kontroll gjorts av resultaten och några speciellt utsatta byggnader har identifierats, vilka beskrivs nedan.

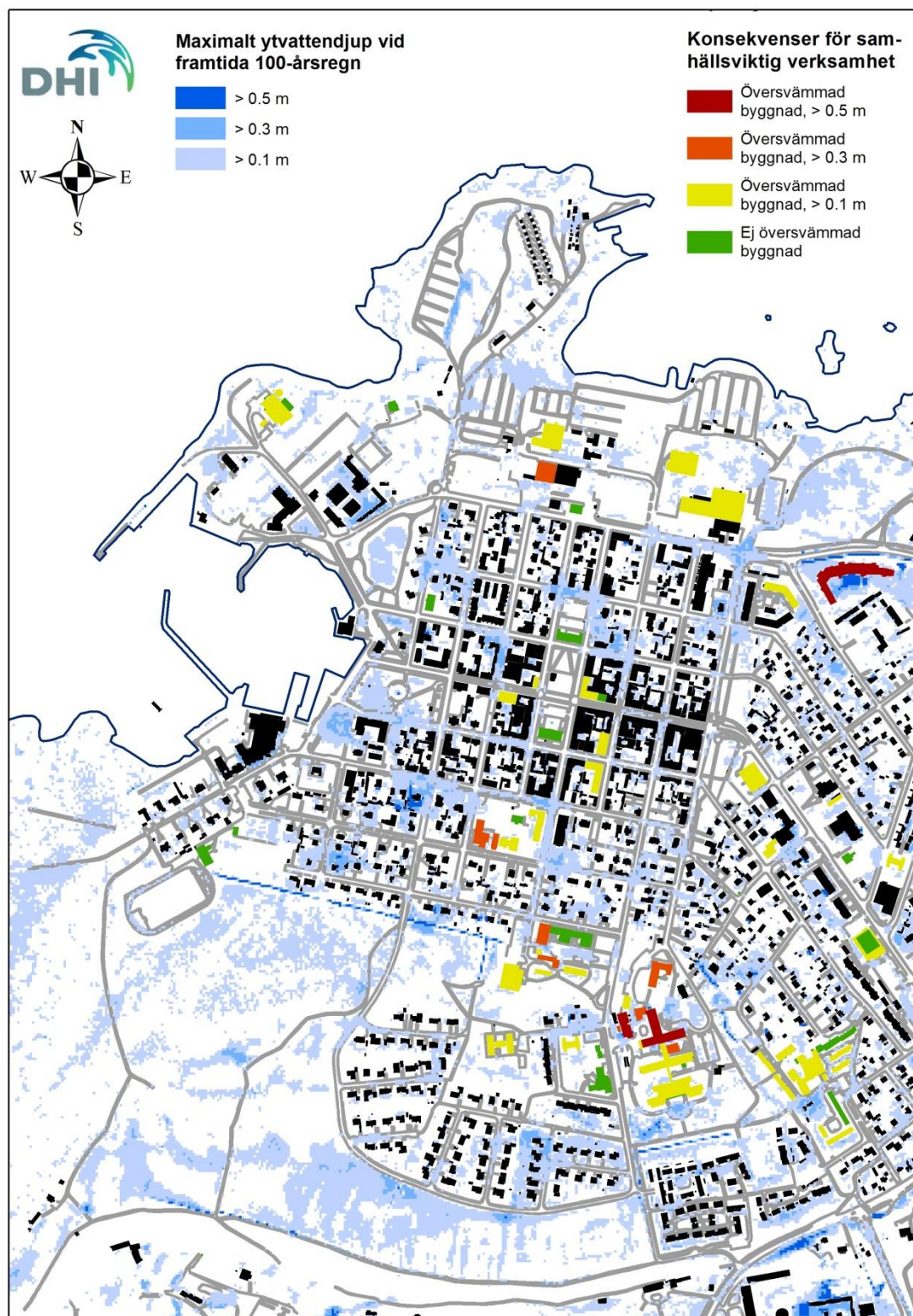
Bland de värst utsatta byggnaderna finns hälsocentralen i kvarteret Resedan, som utifrån beräkningsresultaten ser ut att bli kraftigt översvämmad då byggnaden ligger i en sänka där vatten stängs inne. Enligt uppgift ligger entréerna till byggnaden på +2.68 m, och som jämförelse hamnar de maximala vattennivåerna vid extremregn på strax under +2.5 m intill hälsocentralen, det vill säga lägre än entrénivå. Det är dock möjligt att terrängmodellen inte korrekt återger aktuella markförhållanden här eftersom detta kvarter är relativt nybyggt och förändringar i markstrukturen kan ha gjorts efter att höjddata scanats.

Speciellt utsatta byggnader som kunnat identifieras utifrån en manuell kontroll är brandstationen på Ängsgatan, Köpings skola, fjärrvärmeverket vid Ekbacka, samt en bensinstation längs med Köpingsvägen, mellan Jätten Tings väg och Pensionatsvägen.

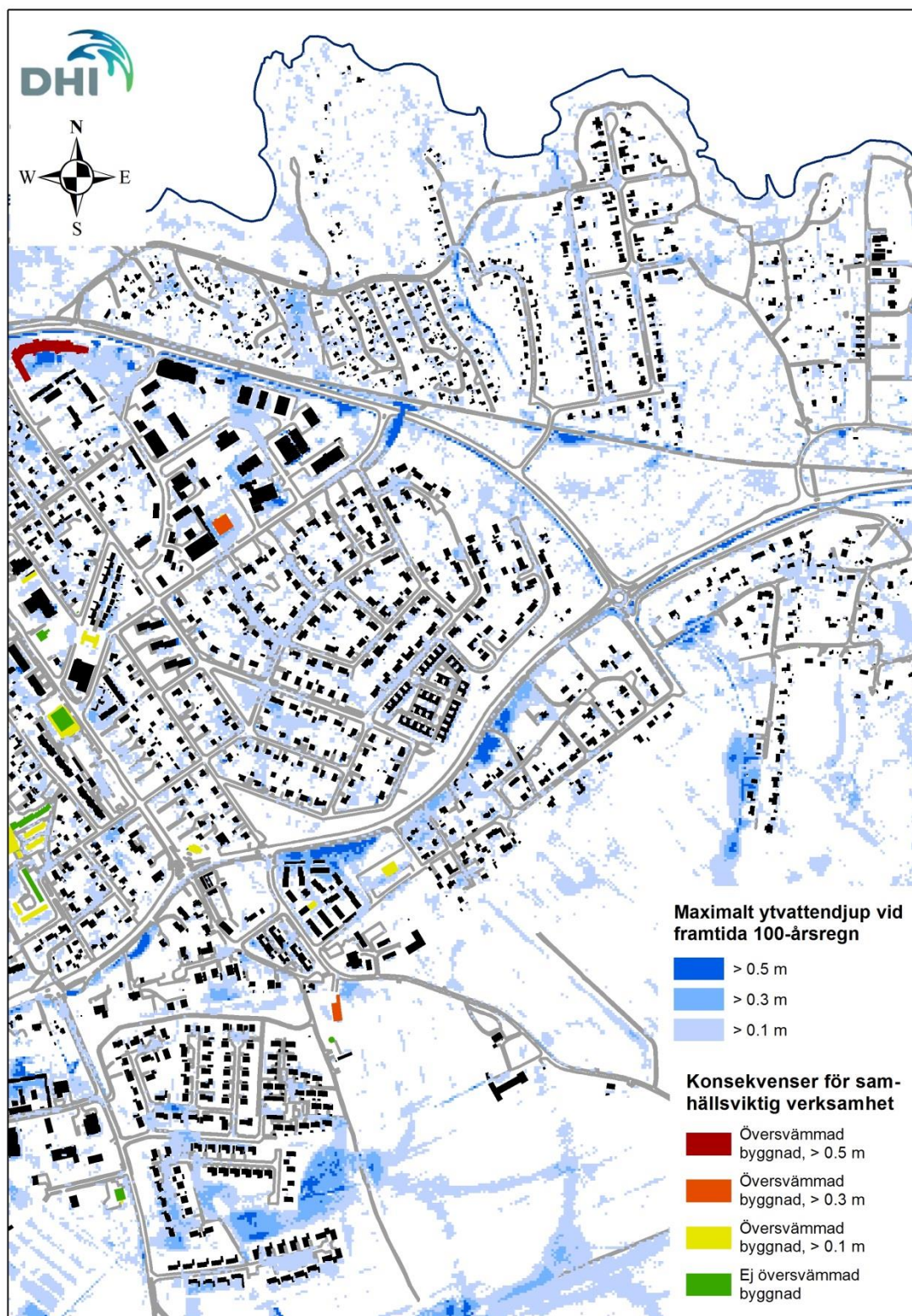
Tabell 3. Översvämmade byggnader med samhällsviktig verksamhet, sorterade utifrån funktion, vid framtida 100-årsregn.

Funktion	Antal översvämmade byggnader		
	> 0.1 m	> 0.3 m	> 0.5 m
Vård och omsorg	35	7	4
Skola och förskola	21	9	3
Transformatorstation, ställverk	20	1	
Fjärrvärmeverk, Vattenverk, Reningsverk	14	4	1
Matbutiker	6		
Sport och fritid	5		
Polis, brandförsvär	5	2	
Bensinstation	3	1	
Bank, Post	2	1	
Kommunal förvaltning	2	1	
Övrigt	2		
Apotek	1		
Kyrka	1		

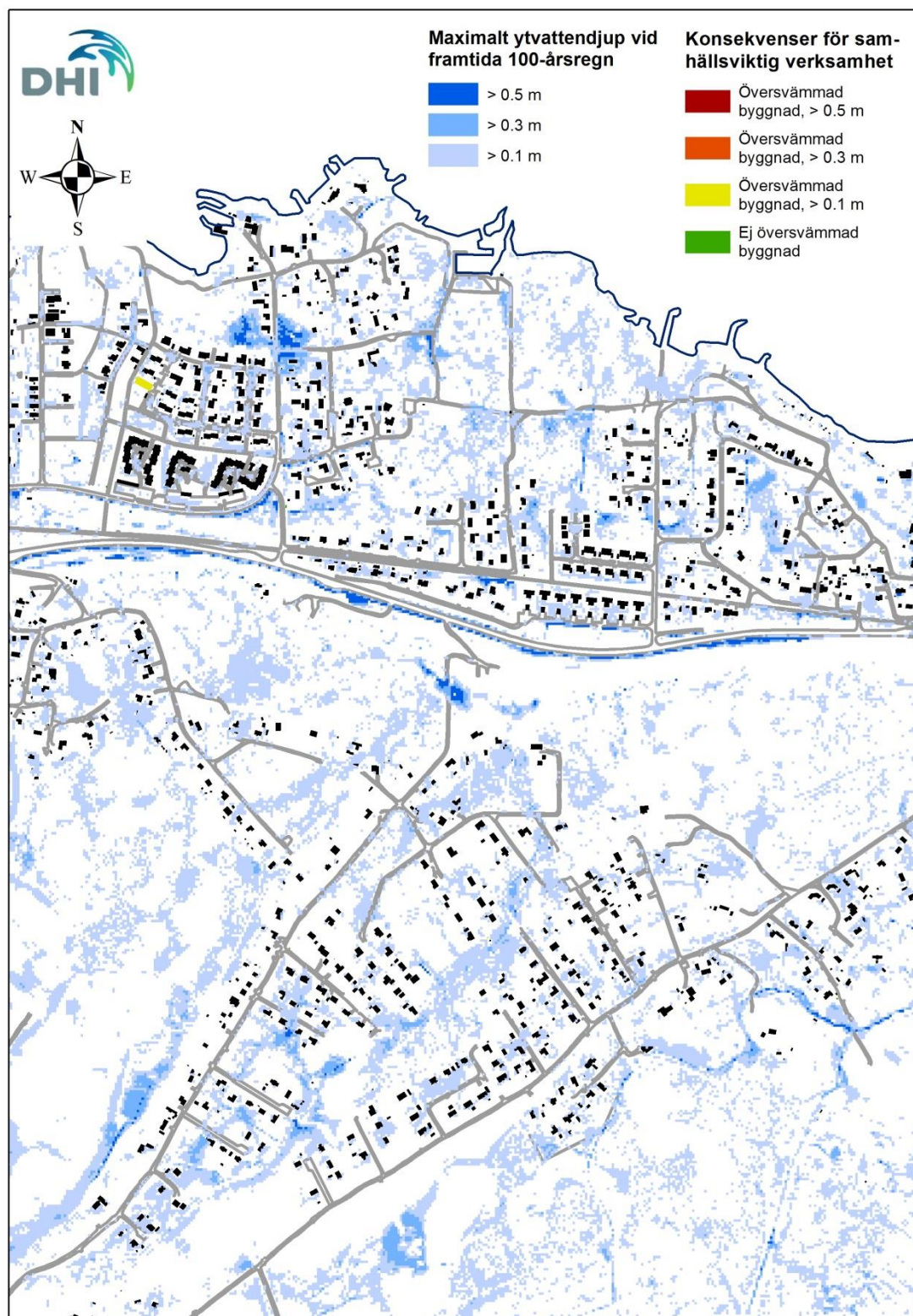
Utöver byggnader med samhällsviktig verksamhet kommer extrema regn även att få konsekvenser på samhället i övrigt som kan innebära risk för liv och hälsa eller stora värdeförluster. En del gator beräknas stå under vatten vilket kan ge problem med framkomlighet. Viktigt att ha i åtanke är att översvämningar, dvs. ansamlingar av vatten på markytan, inte nödvändigtvis utgör ett problem. Problem uppstår när vattnet orsakar en värdeförlust eller risk för hälsa och liv. Exempelvis uppstår sällan en värdeförlust då grönytor översvämmas medan stora värden kan gå förlorade då t.ex. ett villaområde eller samhällsviktig verksamhet drabbas.



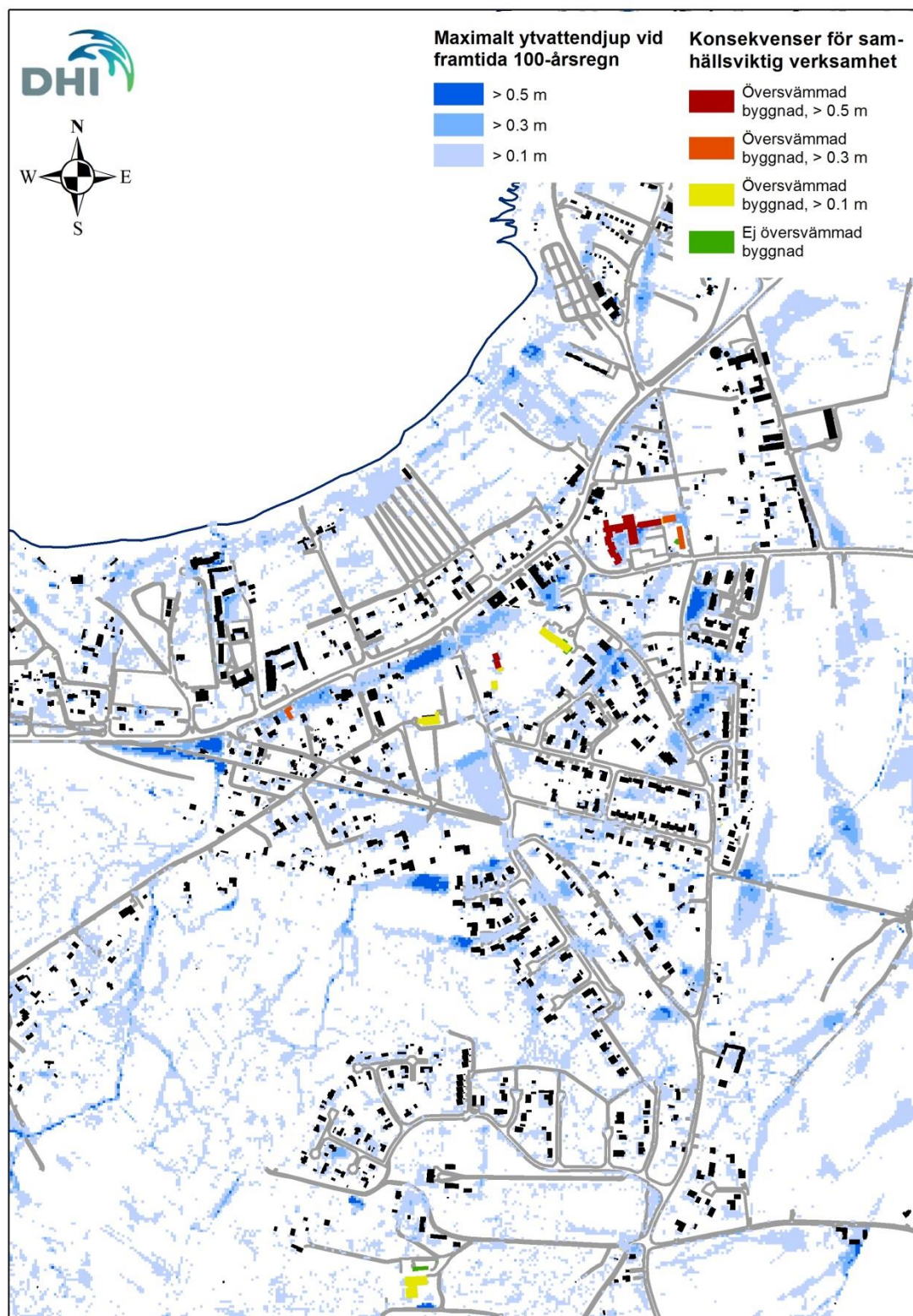
Figur 2-13. Beräknat ytvattendjup samt konsekvenser på samhällsviktig verksamhet vid framtida 100-årsregn, centrala Borgholm. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



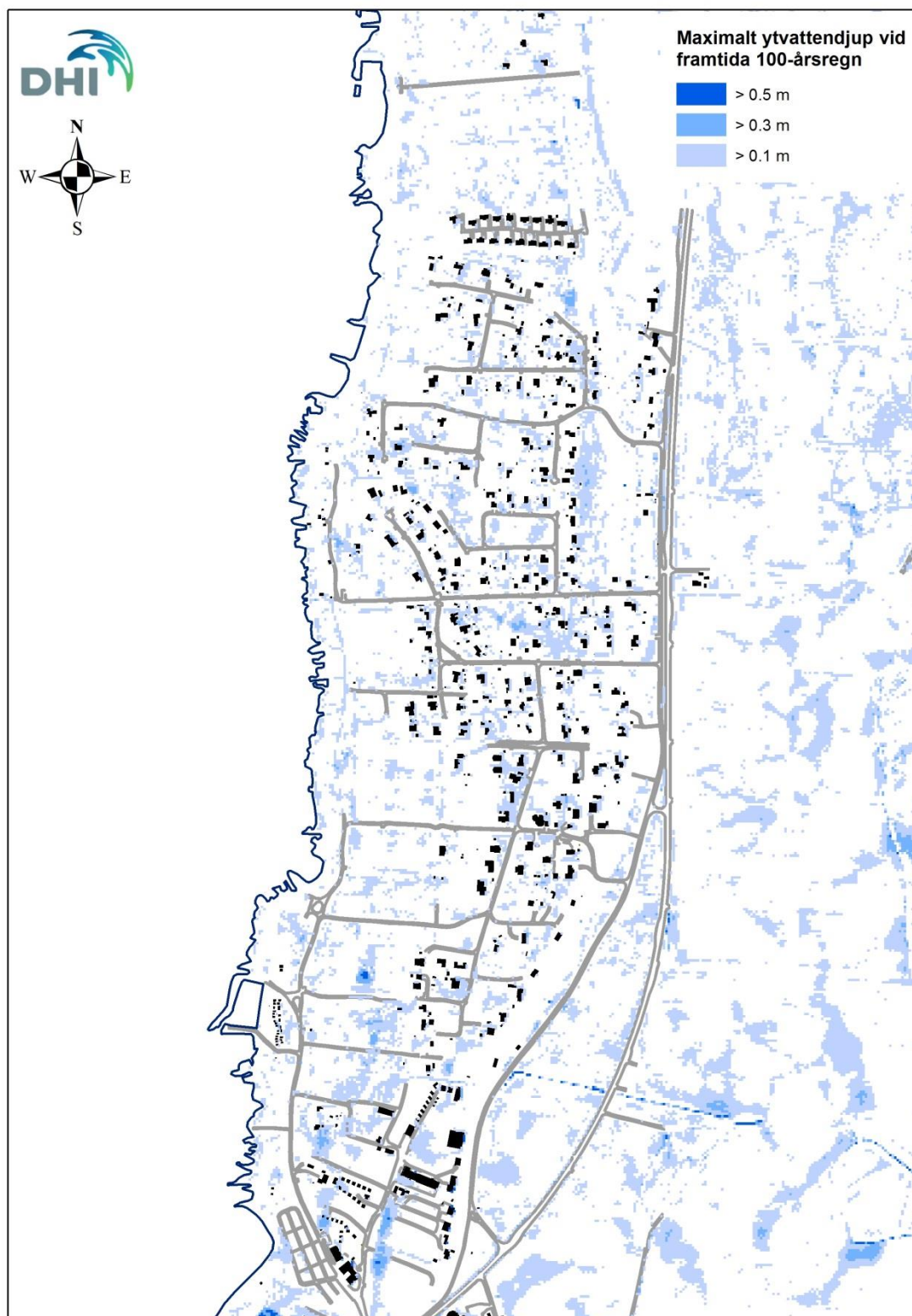
Figur 2-14. Beräknat ytvattendjup samt konsekvenser på samhällsviktig verksamhet vid framtida 100-årsregn, östra delarna av Borgholms tätort. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



Figur 2-15. Beräknat ytvattendjup samt konsekvenser på samhällsviktig verksamhet vid framtida 100-årsregn, Solbergamarken. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



Figur 2-16. Beräknat ytvattendjup samt konsekvenser på samhällsviktig verksamhet vid framtida 100-årsregn, centrala Köpingsvik. Gröna byggnader inrymmer samhällsviktig verksamhet men är ej översvämmade. Svarta polygoner är övriga byggnader.



Figur 2-17. Beräknat ytvattendjup vid framtida 100-årsregn, norra Köpingsvik (ingen samhällsviktig verksamhet finns angiven i detta område).

2.3.3 Konsekvenser på natur- och kulturvärden

Konsekvenser på natur- och kulturvärden har analyserats manuellt, dels på grund av att byggnadsminnen är registrerade som punkter vilket gör att en GIS-analys motsvarande den för samhällsviktig verksamhet inte går att utföra med rättvisande resultat, och dels på grund av att dessa inte är så många – totalt 14 byggnadsminnen och ett naturreservat har ingått i analysen.

Resultaten visar att de flesta byggnadsminnena klarar sig relativt bra vid ett extremt regn – enstaka mindre områden med mellan 0.1-0.3 m vatten finns i närheten av de flesta men inga större översvämmade områden. Två byggnader är värre utsatta med över 0.5 m ytvattendjup i närheten av byggnaden – Kronomagasinet vid Strandgatan samt Vasahuset vid infarten till Borgholms slottsruin.

Naturreservatet, Borga hage, kommer att översvämmas på ett flertal platser vid extrem nederbörd. Detta är dock generellt inte något större problem när det rör sig om grönområden, och även specifikt i detta fall bedöms översvämningen till följd av extrem nederbörd inte leda till några allvarliga konsekvenser för naturreservatet.

3 Anpassningsåtgärder

För de identifierade problemområdena har beräkningsresultaten (översvämningsdjup och flödesvägar) från riskanalysen analyserats i detalj, med avsikt att hitta lämpliga anpassningsåtgärder för att lindra konsekvenserna av höga havsnivåer och extrema regn. Dessa redovisas i avsnitt 3.1 respektive 3.2. Huvudsakliga flödesvägar är markerade med pilar i kartbilderna i Appendix 1.

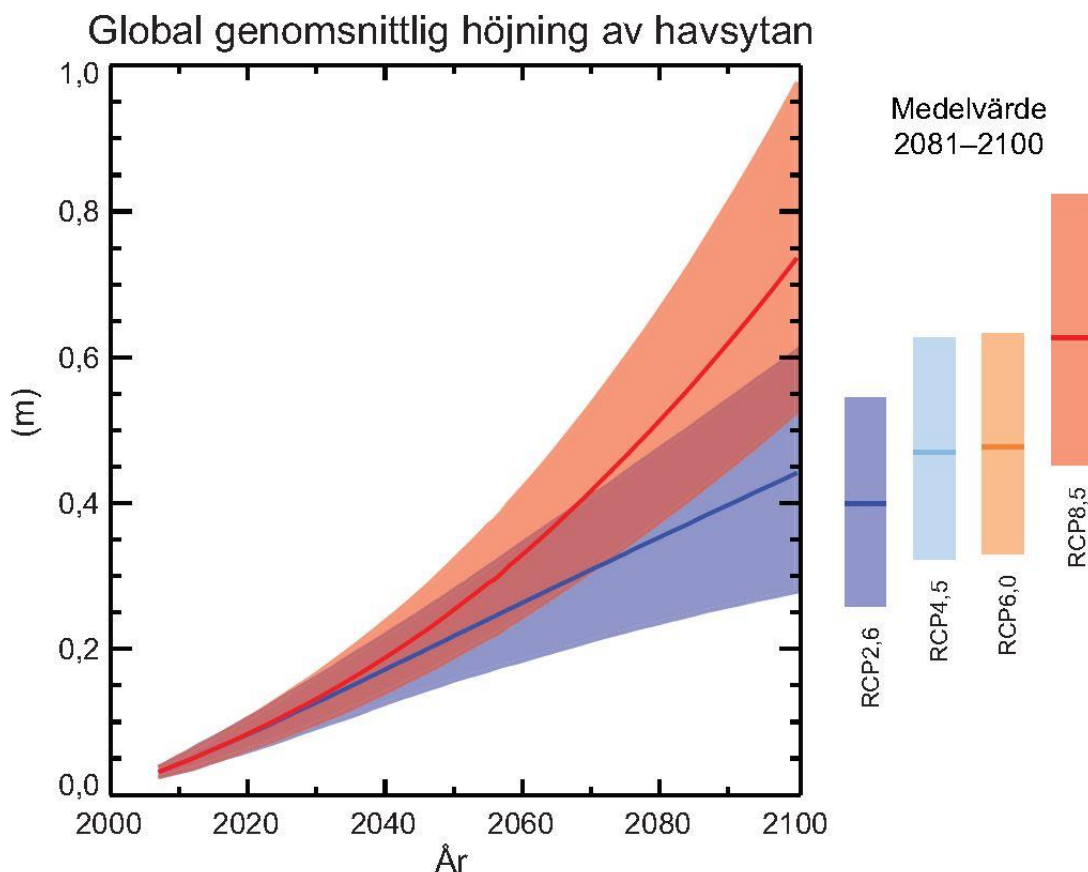
3.1 Stigande hav och erosion

När det gäller anpassningar för att klara framtida stigande hav är det viktigt att hålla isär vad som är framtida medelvattenyta och vad som är framtida extremhändelser. Det är inte nödvändigtvis rimligt att skydda all typ av bebyggelse från att klara sig torrskodd från ett framtida högsta högvatten, vilket inträffar sällan och under en begränsad tid (fåtal timmar). Analogt med detta resonemang kan det heller inte vara rimligt att de byggnader som uppförs idag inte skall klara de förväntade medelvattennivåer som förväntas att förekomma om 100 år.

Extrema nivåer på 30 års sikt bedöms inte påverka någon samhällsviktig verksamhet och endast ett fåtal enskilda fastigheter riskerar att bli översvämmade. Således är bedömningen att det på kort sikt inte kommer att krävas några permanenta åtgärder för att skydda befintlig bebyggelse. Det är dock viktigt att påpeka att denna bedömning baseras på att dagens observerade havsnivåhöjning är densamma till år 2040. Med en accelererande höjning kan denna bedömning komma att ändras.

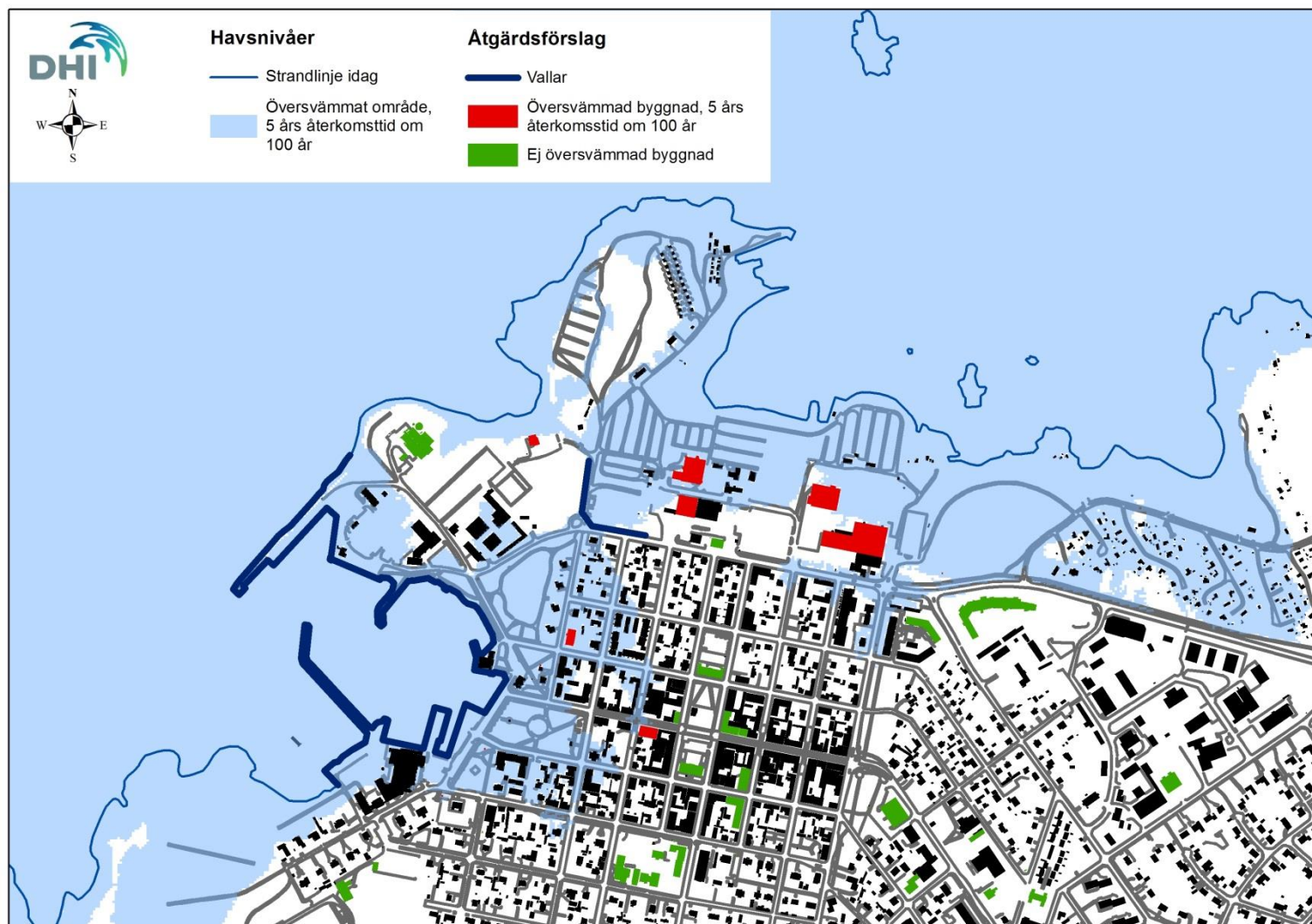
För att få en uppfattning om vilka områden som kommer att vara permanent under vatten år 2100 går det att använda Figur 2-1. Nivåerna för högsta högvatten år 2040 är nästan desamma som för den framtida medelvattenytan om 100 år vilket innebär att samma områden som översvämmas i denna figur kommer att stå under vatten permanent på 100 års sikt enligt dagens projektioner. Detta innebär att även små vattenståndsförändringar kommer att påverka existerande bebyggelse. En uppskattning av de vanligaste förekommande återkomsttiderna för vattenstånd längs kusten och hur långt in dessa nivåer medför att vatten når gör det uppenbart att dagens bebyggelse kommer att påverkas även vid vanliga högvattennivåer om medelvattenytan förflyttas till det uppskattade läget om 100 år. Detta ses i Figur 2-3 som visar påverkan vid en nivå med ca 5 års återkomsttid år 2100.

När i tiden åtgärder är nödvändiga för att skydda befintlig bebyggelse är svårt att sia om då detta beror på hur snabbt medelvattenytan stiger. Som tidigare nämnt är de uppskattningarna av framtidens medelvattenyta i världshaven som använts för att beräkna nivån vid Borgholm och Köpingsvik om 100 år något i överkant. Exakt när dessa nivåer inträffar är svårt att fastslå med exakthet med den osäkerhet som fortfarande råder kring framtidens havsnivåer. Med den risk som föreligger att havsnivån kommer att accelerera mot slutet av seklet, vilket beskrivs i vissa scenarier, se Figur 3-1 (IPCC, 2013), är det dock rimligt att dessa nivåer används vid planering då dessa nivåer kan nå väldigt snart efter nästa sekelskifte. Vid havsnivåer på ca 2 m börjar samhällsviktig verksamhet och större områden med bebyggelse att översvämmas i Borgholm. För att dagens högsta högvatten (+135 cm) ska nå upp till denna nivå krävs en medelvattenyta på 65 cm. Med den ökningen som antas i det högsta scenariot inträffar det kring år 2090 (se Figur 3-1 och korrigerat för en landhöjningseffekt om 25 cm). Observera att detta är en uppskattning utifrån dagens projektioner enligt nuvarande kunskapsunderlag.



Figur 3-1 Beräknad stigning av den globala genomsnittliga havsnivån fram till år 2100 (meter). Beräkningarna är gjorda med processbaserade modeller med två olika antaganden om den framtida effekten av utsläpp av växthusgaser (RCP2,6 respektive RCP8,5). Den beräknade sannolika spridningen är markerad som ett skuggat område. Till höger visas sannolik spridning för perioden 2081-2100 för alla RCP-scenarier där heldragen linje avser medianvärdet. Källa: IPCC WG1, Summary for policymakers, 2013.

Vad gäller skydd är i princip barriärer/invallning den enda lösningen. Av Figur 2-2 framgår att vatten kommer att rinna in längs långa sträckor av kusten längs vilka barriärer skulle behöva anläggas som skydd. Genom att höja kajerna i Borgholms hamn och hindra vatten från viken norr om Borgholm kan den västra delen av Borgholm skyddas, se Figur 3-2. För att skydda övriga områden i norra delen av Borgholm krävs barriärer längs med hela viken. Kostnaderna för att bygga ett skydd bör vägas mot värdet av den bebyggelse man vill skydda. Det är exempelvis knappast rimligt att bygga långa barriärer för att skydda t.ex. ett sommarstugeområde. Alternativet till att bygga skydd är börja planera för en flytt av bebyggelse, i första hand den samhällsviktiga verksamhet som är i riskzonen.



Figur 3-2. Vallar eller barriärer för skydd av de västra delarna av Borgholms tätort vid framtida havsnivåhöjning.

Hittills har enbart skydd av befintlig bebyggelse hanterats. Med bakgrund av riskanalysen i kapitel 2 och ovanstående resonemang är rekommendationen att ingen exploatering bör ske under nivån 3 m. Således bör ingen exploatering ske mellan dagens kustlinje och gränsen för högsta högvatten om 100 år om inte marknivån justeras.

Vad gäller anpassningar inför erosion görs bedömningen att det i dagsläget inte behövs. Utifrån de flygfoton som analyserats och de allmänna bedömningarna av dagens vågklimat är det endast Köpingsvik strand av de analyserade sträckorna som är utsatt för någon nämnvärd erosion. Den erosion som kan tänkas ske i Köpingsvik är till följd av en ökad havsnivå i framtiden och det kommer att finnas tid att anpassa kusten för den när det blir aktuellt. Det rekommenderas dock inte att någon ny bebyggelse uppförs närmre kustlinjen än 150 m enligt dagens analys. När en kust skall skyddas från kustlinjereträtt finns det olika sätt att gå tillväga. Ett vanligt skydd som brukar anläggas är någon form av hårda skydd, s.k. stenskoningar, som inte vågor, vattenstånd eller strömmar kan forcera. På detta sätt kan man hindra sandförlust från en strand. Andra sätt att skydda en kust från erosion kan vara att anlägga vågbrytare eller pirar, antingen vinkelrätt eller parallellt med stranden. Ofta är de senare skydden att föredra ur ett estetiskt perspektiv, eftersom de kan utformas på ett mer naturligt sätt och även öka rekreativt värde hos en strand om de utformas väl. Gemensamt för de olika typerna av skydd är att utformningen och placeringen av dessa behöver föregås av en mer detaljerad utredning om erosionsproblematiken för att kunna fungera på ett optimalt sätt

3.2 Extrema regn

I avsnitt 3.2.1 presenteras konkreta åtgärder i form av identifikation av lämpliga platser för fördröjande magasin, diken, barriärer etc. i befintlig bebyggelse. Föreslagna åtgärder rangordnas efter prioriteringsgrad och när i tiden de bedöms vara nödvändiga. Generella riktlinjer avseende höjdsättning och dagvattenhantering för planerad bebyggelse redovisas i avsnitt 3.2.2.

3.2.1 Befintlig bebyggelse

Åtgärder i befintlig bebyggelse är utformade med hänsyn till att det kan vara svårt att göra större ändringar i redan exploaterade områden. Eftersom området i stora drag sluttar ut mot havet, handlar åtgärdsförslagen inom befintlig bebyggelse främst om att underlätta avrinningstransporten ut mot havet på ett sätt som minskar översvämningar vid byggnader samt att identifiera ytor lämpliga för tillfälliga översvämningar och magasinering. Därför föreslås i första hand avskärande diken, eventuellt kompletterat med små vallar, längs med yttre kanten av bebyggelsen för att hindra avrinning från det mer höglänta naturmarksområdet söder om Borgholms tätort att nå staden. Som komplement visas förslag på diken inne i tätorten längs med de huvudsakliga flödesvägarna (flödesvägar är markerade i kartbilderna i Appendix 1), som skall underlätta transporten av avrinningen ut mot havet och minska risken för att vatten ansamlas längs med byggnader och på vägar. Dessa kan dock på grund av platsbrist vara svårare att anlägga i praktiken i befintlig tät bebyggelse.

Förslag på översvämningssytor/tillfälliga magasin har i första hand förlagts till befintliga grönområden och öppna ytor längs med de huvudsakliga flödesvägarna.

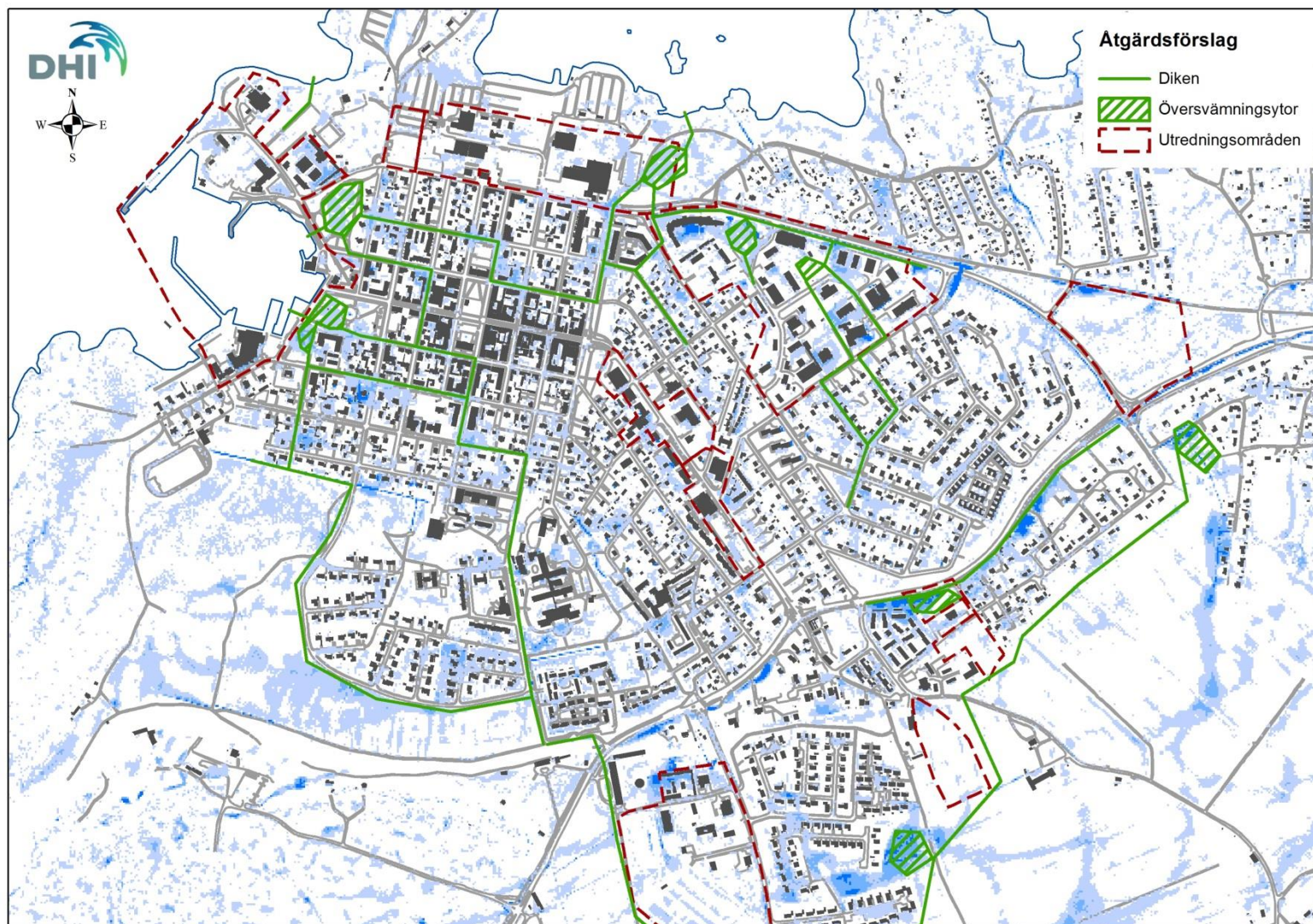
Figur 3-3 (Borgholms tätort) och Figur 3-4 (Köpingsvik) visar de åtgärdsförslag som tagits fram inom befintlig tätbebyggelse, baserat på beräknat översvämningförlopp och huvudsakliga flödesvägar. Åtgärden är inte dimensionerade, och särskild hänsyn har

inte tagits till lokala omständigheter såsom exempelvis markägarförhållanden eller annat som inte är medräknat i riskanalysen (se kapitel 2 för detaljer). För att kunna bedöma nödvändiga dimensioner för åtgärdsförslagen, samt uppskatta vilken effekt de har på översvämningförloppet, krävs ytterligare utredning och beräkningar.

För de västra delarna av Köpingsvik har framkommit önskemål från kommunen om att eventuellt leda vattnet vidare västerut för öppen dagvattenlösning. Detta alternativ har inte ritats ut på Figur 3-4. Åtgärdsförslag för Köpingsvik. Planerade exploaterings- och utredningsområden markerade med röd streckad linje, men borde vara möjligt förutsatt att tillräcklig höjdskillnad och fall kan uppnås för att transportera avrinningen. En sådan lösning bör i så fall utredas mer i detalj.

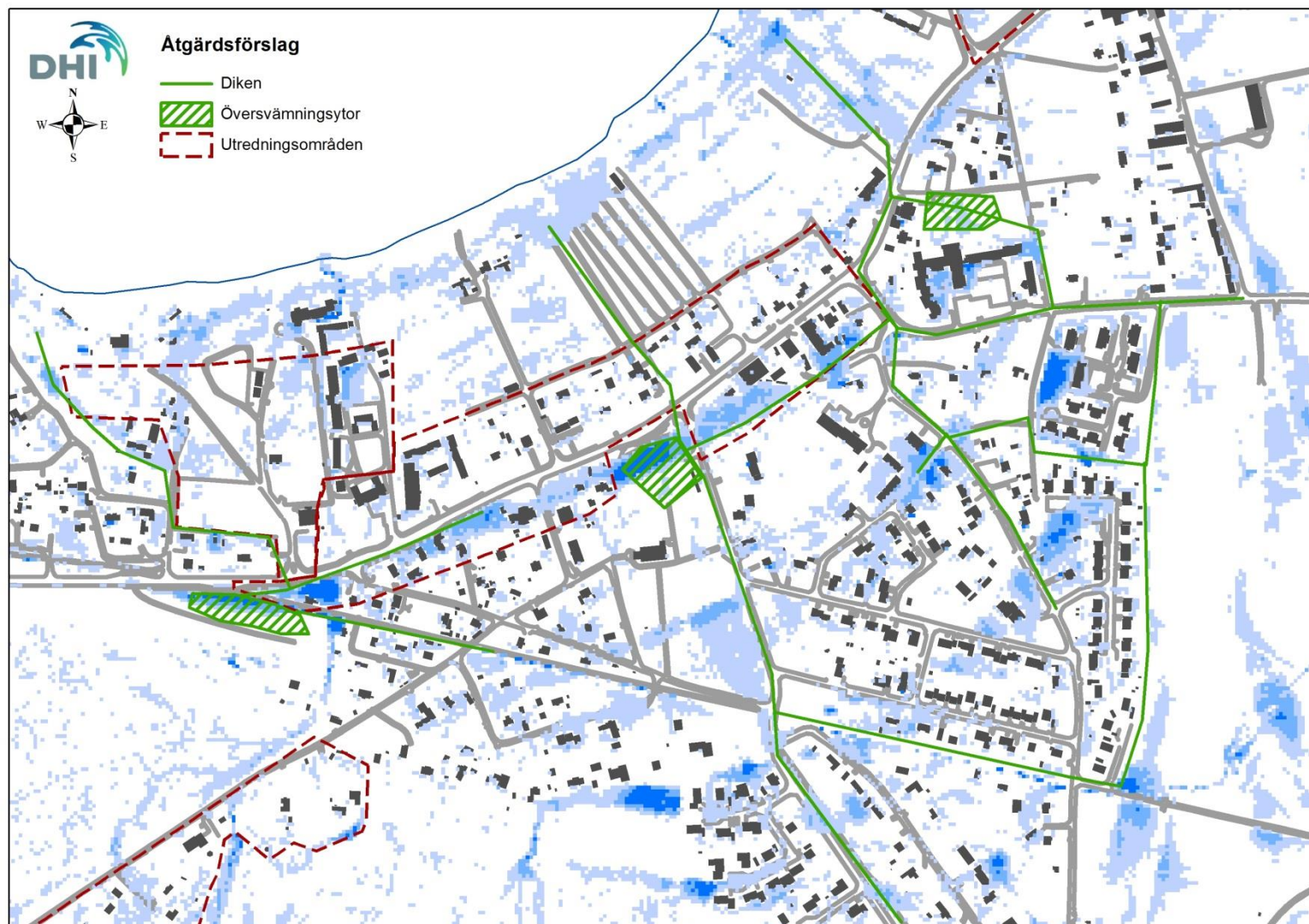
Förutom nämnda åtgärder är det viktigt att befintliga dagvattensystem underhålls så att kapaciteten bibehålls och inte försämras över tid.

Åtgärder för extrema regn bör även koordineras med valda åtgärder för skydd mot stigande havsnivåer. Om bedömningen görs att delar av staden måste flyttas för att skyddas mot framtida havsnivåer, bör åtgärder för extrema regn prioriteras i de områden som inte ska flyttas. Om staden ska skyddas med vallar mot havet kommer dessa att påverka möjligheten att leda ut avrinning mot havet, vilket också bör beaktas vid val av åtgärder.



Figur 3-3. Åtgärdsförslag för Borgholms tätort. Planerade exploaterings- och utredningsområden markerade med röd streckad linje.

DHI Sverige AB / EMN/MRN/CER /
http://seprojects/12802586/Deliverables/RSA_Borgholm.docx
Uppdragsnr: 12802586
Utskriftsdatum: 2014-04-30

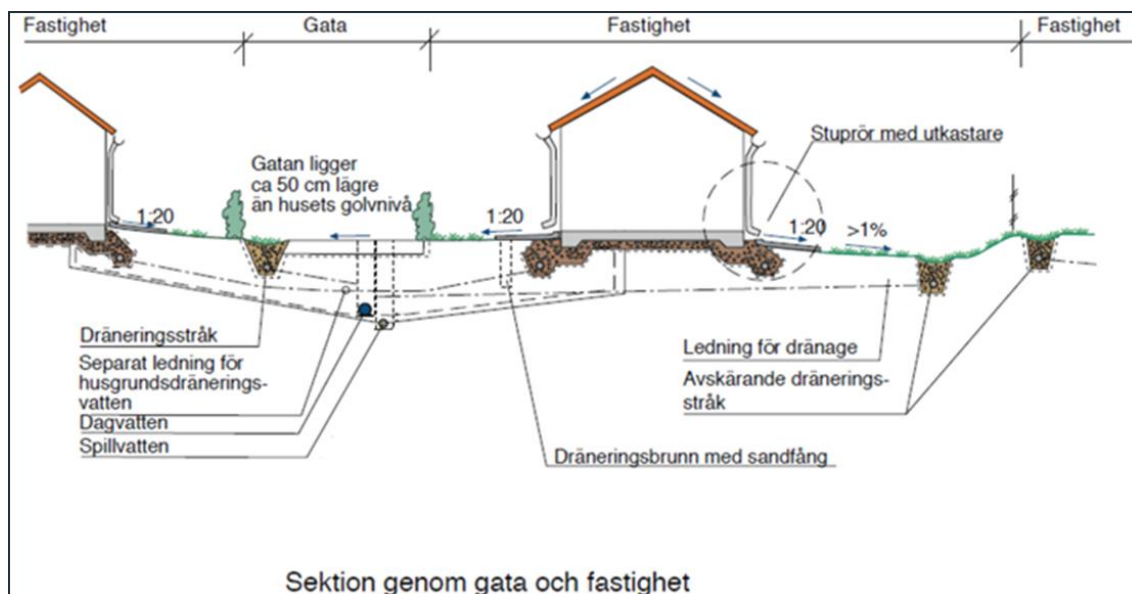


Figur 3-4. Åtgärdsförslag för Köpingsvik. Planerade exploaterings- och utredningsområden markerade med röd streckad linje.

3.2.2 Utredningsområden

Vid nybyggnation finns oftast goda möjligheter att utforma bebyggelsen på ett sätt som förebygger översvämningsrisker vid regn, genom att anpassa höjdsättning och grönytors utformning.

Byggnader bör placeras högre än omgivande mark så att vatten inte ansamlas längs med husfasaderna. Detta är en åtgärd som har stor påverkan på översvämningsrisken för byggnader och som är relativt enkel att utföra för planerad bebyggelse, men betydligt svårare för redan existerande bebyggelse. Exempel på utformning av höjdsättning och ledningsnivåer visas i Figur 3-5, som kommer från Svenskt Vattens publikation om hållbar dag- och dränvattenhantering (P105).



Figur 3-5. Förslag på hållbar utformning av dag- och dränvattensystem på kvartersnivå (Svenskt Vatten, 2011).

Grönområden påverkar avrinningen och översvämningsrisken i ett område både genom att de genererar mindre avrinning än motsvarande hårdgjord yta, samt att de kan fungera som tillfälliga översvämningsytor och transportvägar vid stora regn. Det är därför viktigt att ta dessa effekter i beaktande vid nyexploateringar, i synnerhet vid exploateringar i områden som redan idag är översvämningsdrabbade. I dessa områden bör man i så stor utsträckning som möjligt försöka bevara grönområdena, så att inte översvämningsituationen förvärras för befintlig och framtida bebyggelse.

Grönområden, öppna dammar och infiltrationsytor och svackdiken är alla exempel på öppna dagvattenlösningar, vilka anses ha flertalet fördelar jämfört med traditionella dagvattensystem under mark. Gemensamt för dessa lösningar är att de fördröjer avrinningen nära källan och bidrar till ett avrinningsmönster som påminner mer om den naturliga avrinning som ses i oexploaterade områden och naturmark. Svackdiken har oftast större retentionsförmåga och bidrar till ett mer utjämnat flöde med lägre flödestoppar jämfört med slutna rör under mark. Avbördningskapaciteten är också oftast mycket större, och i motsats till rör ökar kapaciteten successivt med förhöjd avrinning och vattenfyllnad. Öppna dagvattenlösningar har även en renande effekt på dagvattnet genom att uppehålla vattenmassorna så länge att partiklar kan sedimentera (damm, infiltrationsytor), samt att näringsämnen etc. kan tas upp av växtlighet eller underliggande jord (gräsklädda diken och grönytor samt infiltrationsmagasin och infiltrationsytor). Utöver

detta ger de ofta även ett estetiskt mervärde till omgivningarna och kan därmed bidra till högre livskvalitet för boende i området.

Vid extrema regn som det 100-årsregn som använts i dessa beräkningar, är det generellt sett svårt att undvika marköversvämning, oavsett om ett traditionellt ledningsnät används eller om dagvattensystemet baseras på gröna ytor och öppna diken. Det är dock värt att notera att marköversvämningar inte per definition innebär problem, utan det är först när översvämningarna leder till skador på bebyggelse, värdeförluster eller risk för liv och hälsa som problem uppstår. Genom att redan från början skapa förutsättningar för en kontrollerad marköversvämning vid extrema regn kan man undvika många översvämningssrelaterade problem. Detta görs främst genom en anpassad höjdsättning (nedsänkta gator, upphöjda hus) som leder vattnet dit man vill, samt genom att reservera öppna ytor i området där översvämning kan tillåtas ske på ett kontrollerat sätt.

Några specifika åtgärdsförslag för exploateringsområdena har inte tagits fram då dessa bör utformas i samband med att bebyggelsen planläggs. Nedan visas exempelbilder (Figur 3-6 och Figur 3-7) på hur olika typer av öppna dagvattenlösningar kan se ut.



Figur 3-6. Exempel på svackdike invid bebyggelse. (Bild: VA Syd)



Figur 3-7. Exempel på magasin vilket tillåts översvämmas i samband med kraftiga regn. (Bild: VA Syd)

4 Sammanfattning och rekommendationer

Följande punkter sammanfattar konsekvenserna av stigande havsnivåer:

- Högvattensituationer på 30 års sikt bedöms inte ha några påtagliga konsekvenser för samhällsviktig verksamhet och kulturvärden.
- Enskilda kustnära byggnader kan komma att påverkas vid högvattensituationer på 30 års sikt. Bedömningen är dock att det på kort sikt (innan 2040) inte kommer att krävas några permanenta åtgärder för att skydda befintlig bebyggelse.
- På 100 års sikt leder högvattensituationer till att stora delar av Borgholms tätort hamnar under vatten. Detta påverkar både ett flertal samhällsviktiga funktioner samt samhället i stort. Även mycket vanligt förekommande högvattenstånd i storleksordningen +0.5 m (1.8-2.0 m) kommer att orsaka skada.

Konsekvenserna av extrema regn kan sammanfattas i följande punkter:

- Vid kraftiga regn bidrar även grönytor till en avsevärd mängd avrinning då vatten inte hinner infiltrera. Avloppssystem är inte dimensionerade för denna typ av extrema regn och översvämning kommer därför att ske.
- Flertalet samhällsviktiga byggnader riskerar att bli översvämmade i samband med extrema regnhändelser. Särskilt utsatta är vårdcentralen i kvarteret Resedan, fjärrvärmeverket vid Ekbacka, brandstationen på Ängsgatan samt Köpings skola
- Flertalet gator samt privata fastigheter kommer också att stå under vatten.
- Kulturvärden som är utsatta vid extrema regn är framförallt Kronomagasinet vid Strandgatan samt Vasahuset vid infarten till Borgholms slottsruin

Följande rekommendationer ges avseende skydd mot framtida havsnivåer och erosion:

- Då havet vid situationer med höga vattenstånd påverkar hela kuststräckan kommer det att krävas en omfattande invallning/barriärer för att skydda redan befintlig bebyggelse. Innan en sådan åtgärd utförs bör det göras en bedömning av vilka vinster som görs i förhållanden till att bygga skydden.
- När i tiden anläggning av skydd är nödvändigt är svårt att sia om och är avhängigt av hur snabbt havsnivån stiger, om ökningen är linjär eller sker exponentiellt. Kommunen bör följa forskningen på området och uppdatera analysen av framtida havsnivåer med jämna mellanrum.
- Ingen exploatering rekommenderas under en nivå på 3 m. Således rekommenderas inte att nya områden exploateras inom de områden som ligger mellan dagens kustlinje och gränsen för högsta högvatten om 100 år (Figur 2-2 i denna rapport). Detta kräver i så fall en höjning av marknivåerna. Kommunen rekommenderas att även att överväga att sätta en högre nivågräns, 4 m, för samhällsviktig verksamhet då havsnivåerna väntas fortsätta stiga även efter år 2100.
- Utifrån erosionsanalysen framkom det att den av de analyserade stränderna som löper störst risk för erosion i framtiden är den sandiga Köpingsviks strand. Här finns en risk att framtida havsnivåstigning kommer att förflytta strandlinjen med så mycket som 150 m. I nuläget behövs inga åtgärder vidtas, utan dessa bedöms kunna ske längre fram. Det är dock ej rekommenderat att nya byggnader uppförs närmre än 150 m från stranden. Det går att skydda nuvarande strandlinje med skydd som t.ex. stenskoning eller anläggning av strandpark. Ett flertal lyckade

strandparksprojekt har genom årens lopp genomförts i Danmark där DHI har bistått vid utformningen.

Följande rekommendationer ges för att skydda samhället mot konsekvenserna av extrema regn:

- Åtgärdsförslag syftar i första hand till att styra avrinningen till ytor som kan tillåtas översvämmas, samt underlätta en kontrollerad transport ut mot havet.
- Avskärande diken vid Borgholms tätorts utkant bör prioriteras, för att hindra avrinning från högre belägna naturområden runtomkring att komma in i bebyggelsen (se Figur 3-3).
- Möjligheten att anlägga diken för att underlätta transporten samt styra avrinningen inne i tätbebyggelsen bör undersökas.
- Vid de särskilt utsatta samhällsviktiga verksamheterna bör lokala åtgärder som syftar till att leda vattnet bort från verksamheten prioriteras.
- Vid nyexploatering är det synnerligen viktigt att anpassa höjdsättningen för att undvika översvämning. De problem som identifierats i det nybyggda kvarteret Resedan indikerar att tydliga riktlinjer behövs kring höjdsättningsprinciper för att undvika liknande situationer vid framtida nybyggen, förslagsvis med Svenskt Vattens publikation P105 om hållbar dag- och dränvattenhantering som utgångspunkt.
- Öppna dagvattenlösningar har flertalet fördelar jämfört med traditionella dagvattensystem under mark. Grönytor och diken genererar mindre avrinning och kan leda till bättre rening och fördröjning av dagvattnet vilket minskar översvämningsrisker
- Varken öppna eller traditionella dagvattensystem kan utformas för att hantera extrema regn utan någon översvämning. Det är därför viktigt att som komplement till dagvattensystemet utforma bebyggelsen så att en del ytor kan tillåtas översvämmas enstaka gånger utan att det leder till stora konsekvenser, samt att avrinningen vid extrema regn leds till dessa ytor.

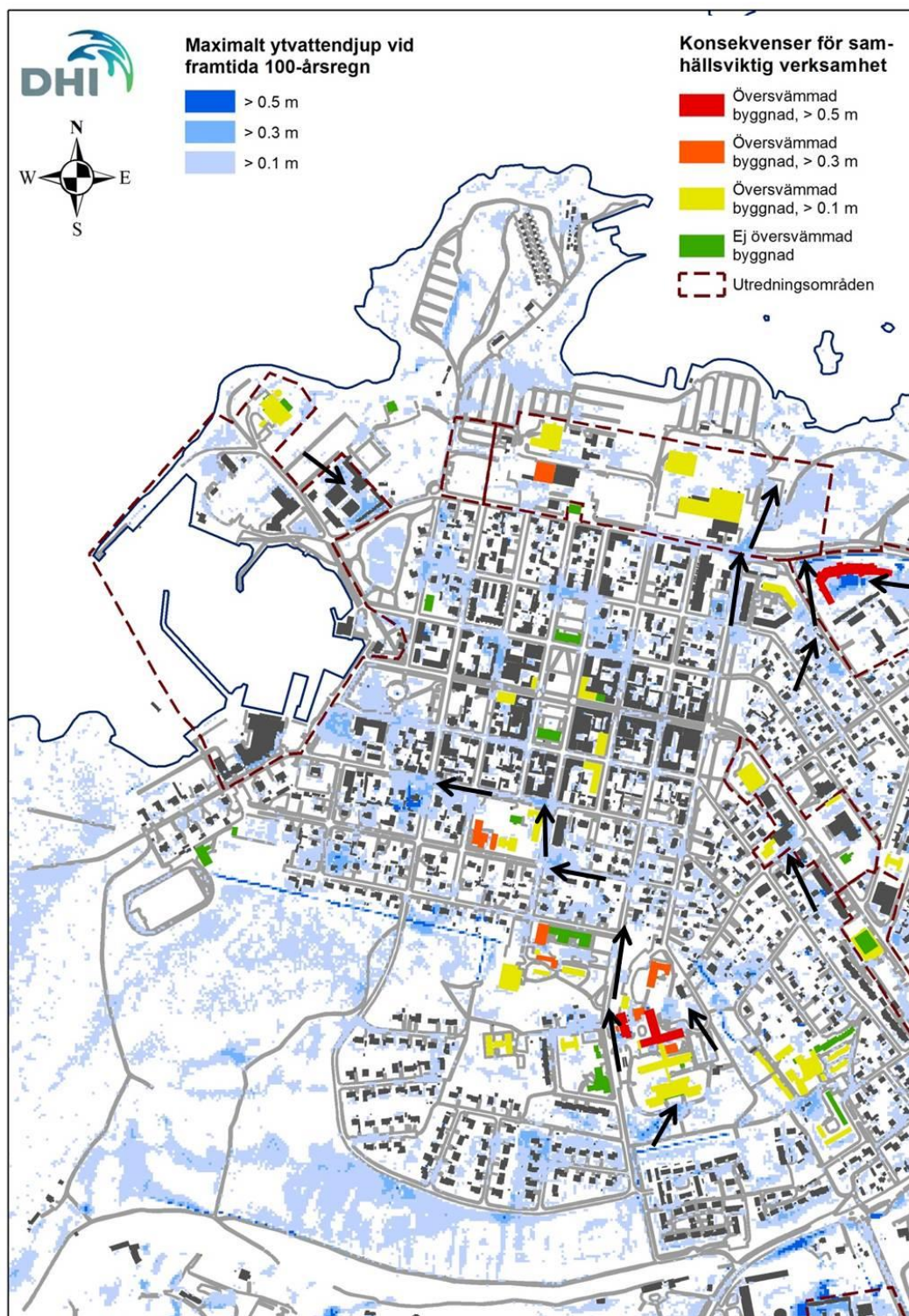
5 Referenser

DHI, 2012. Uppdatering av klimatanalys för Kalmar län. Uppdrag nr 12802085.

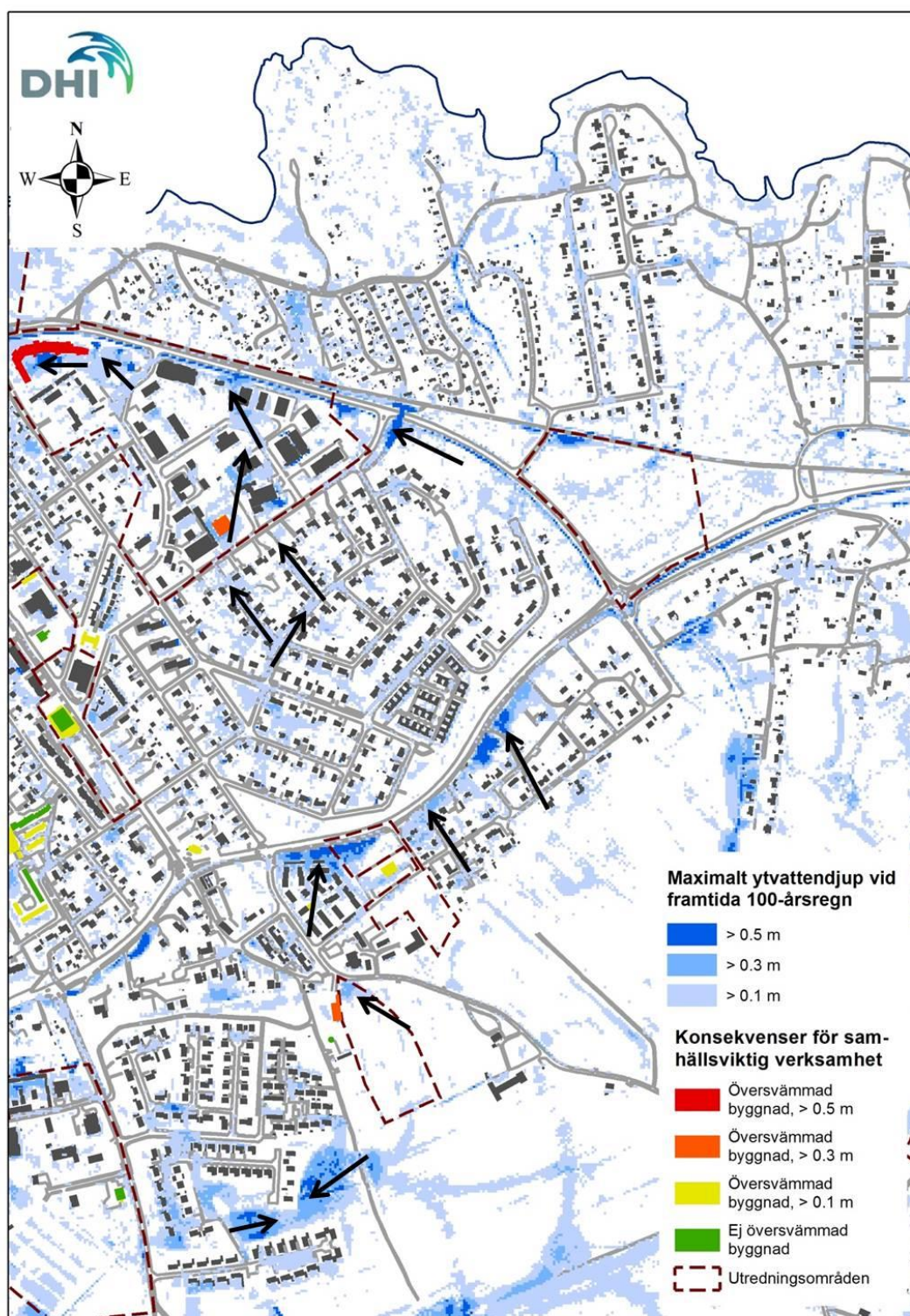
Hernebring C, Mårtensson E, 2013. Pluviala översvämningar – Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt. MSB, rapportnr MSB567-13.

IPCC (2013) Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers

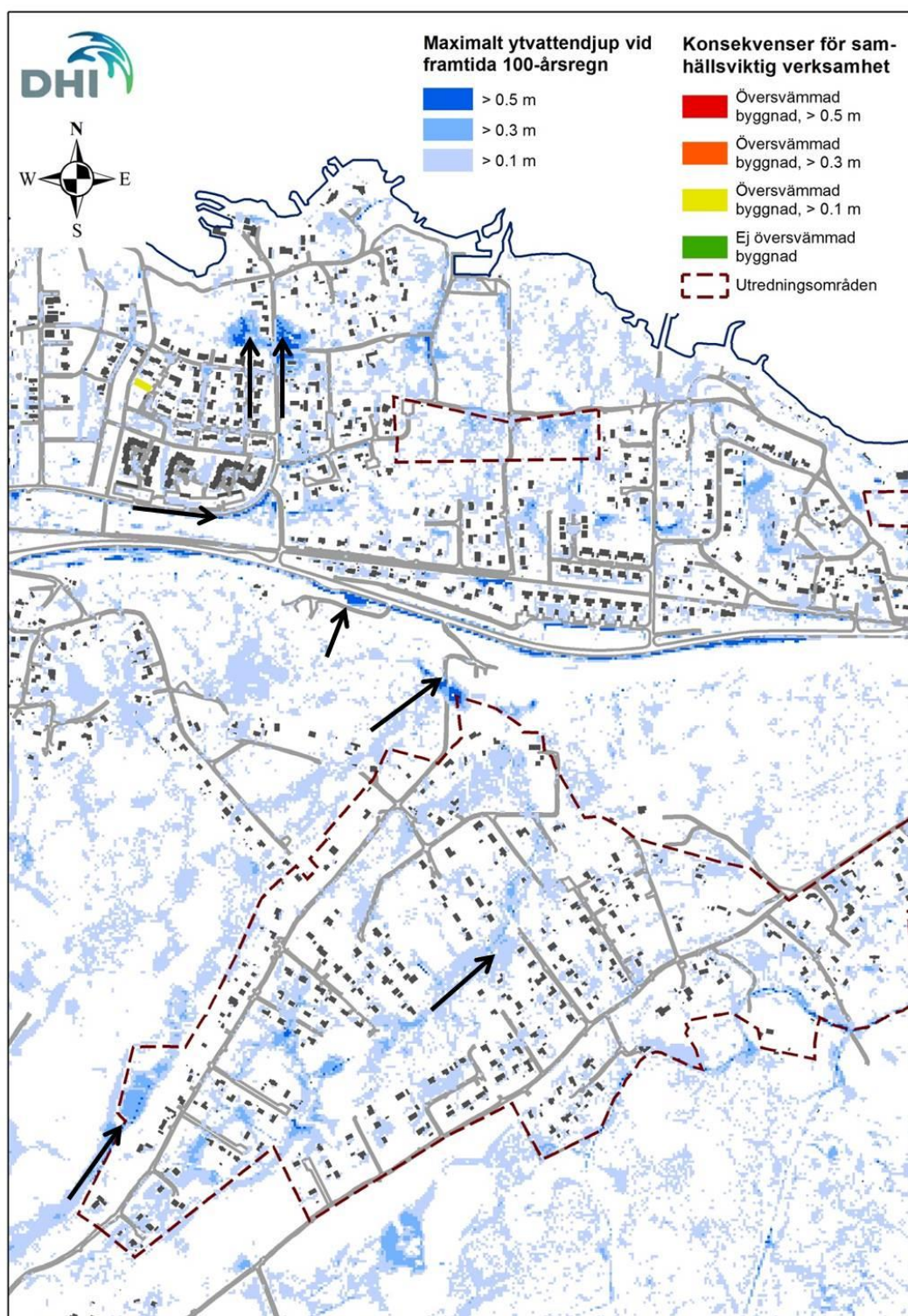
Appendix 1



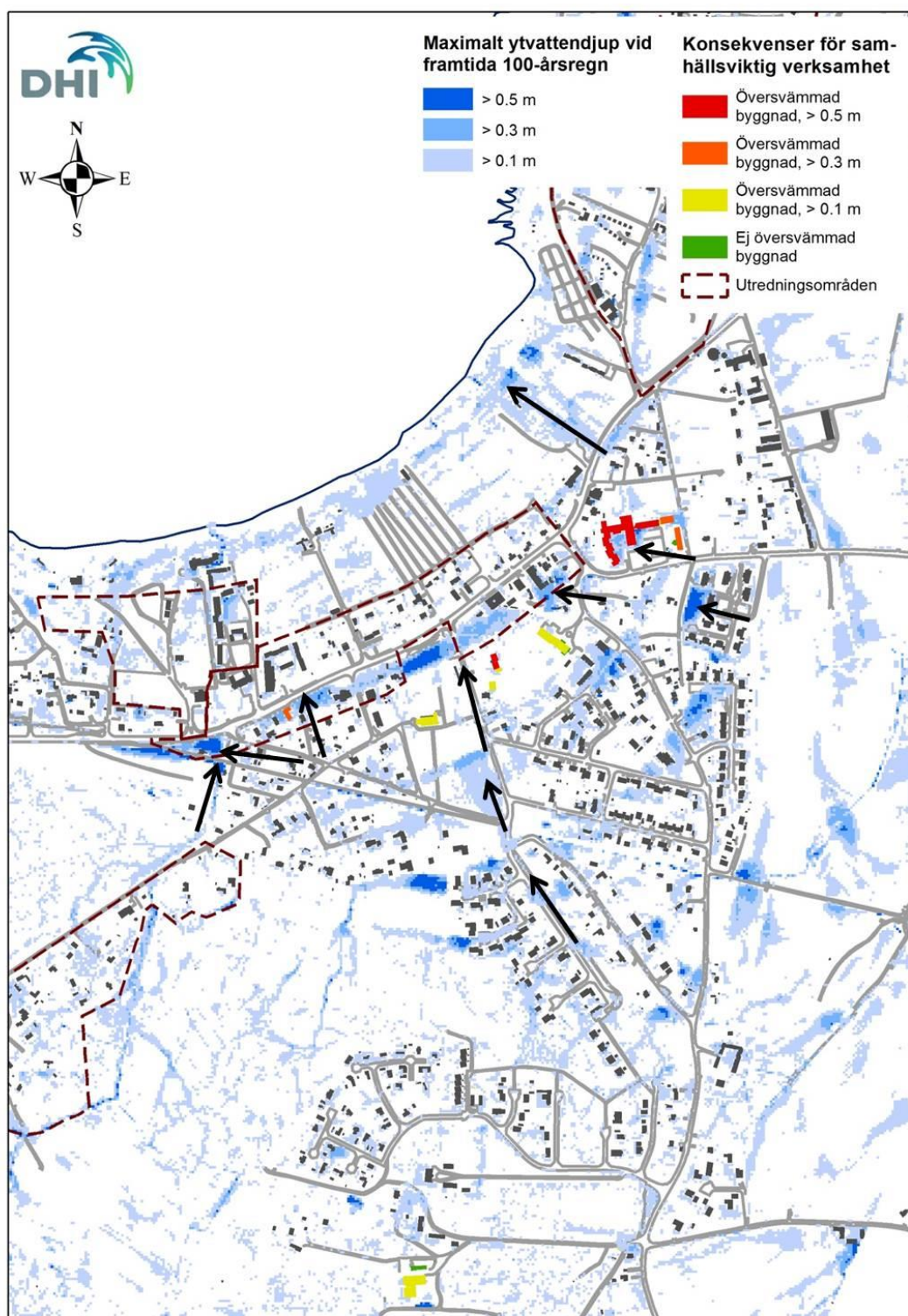
Figur A1-1. Huvudsakliga flödesvägar vid extrema regn i västra delarna av Borgholms tätort. Pilarna är inte skalenliga mot flödes hastigheten utan indikerar endast riktning.



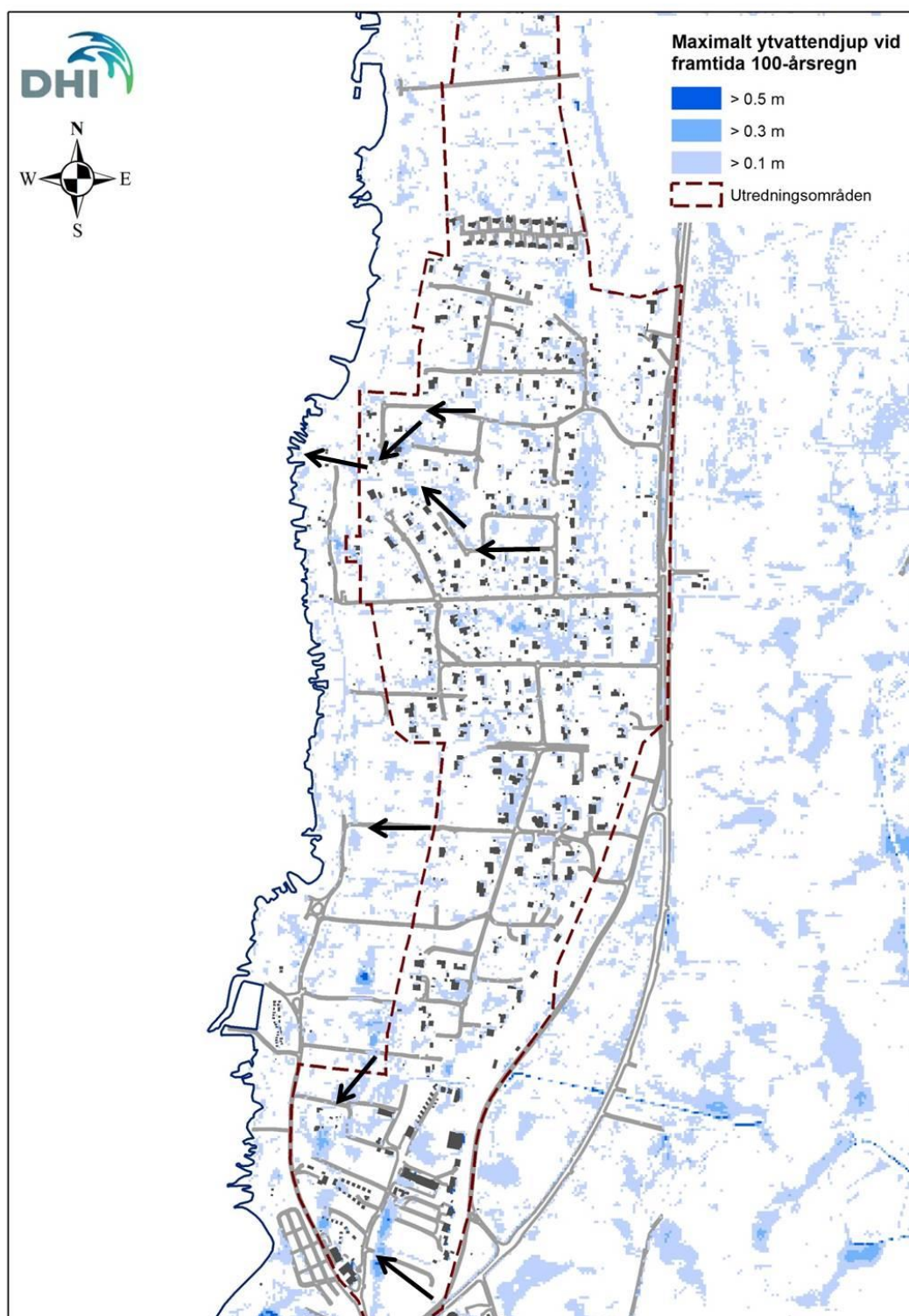
Figur A1-2. Huvudsakliga flödesvägar vid extrema regn i östra delarna av Borgholms tätort. Pilarna är inte skalenliga mot flödes hastigheten utan indikerar endast riktning.



Figur A1-3. Huvudsakliga flödesvägar vid extrema regn i området mellan Borgholm och Köpingsvik. Pilarna är inte skalenliga mot flödes hastigheten utan indikerar endast riktning.



Figur A1-4. Huvudsakliga flödesvägar vid extrema regn i Köpingsviks tätort. Pilarna är inte skalenliga mot flödes hastigheten utan indikerar endast riktning.



Figur A1-5. Huvudsakliga flödesvägar vid extrema regn i norra Köpingsvik. Pilarna är inte skalenliga mot flödes hastigheten utan indikerar endast riktning.