

Klimat- och sårbarhetsanalys

Österåkers kommun



Uppdragsnamn: Klimat- och sårbarhetsanalys

Uppdragsnummer: M1500131

Dokument: Slutrapport

Upprättad av: Christina Frost, Josef Nordlund och Robert Paulsson, Structor
Miljöbyrå Stockholm AB

Granskad och godkänd av: Monica Granberg, Structor Miljöbyrå Stockholm AB

Datum: 2016-02-04

Reviderad: 2016-02-26

Plats: Stockholm

Sammanfattning

Structor Miljöbyrå har på uppdrag av Österåkers kommun utfört en översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys med fokus på bebyggelse och infrastruktur. I uppdraget har även ingått att lägga fram rekommendationer och åtgärdsförslag till kommunens arbete med en ny översiktsplan. Analysen har gjorts utifrån det senaste regionala klimatunderlaget och med tidsperspektiv till år 2040 och år 2100. Hela kommunens yta beaktas, men fokus ligger på de centrala delarna av Åkersberga och på områden utpekade som aktuella för exploatering.

Bebyggelse omfattar både befintlig och planerad bebyggelse. Infrastruktur omfattar vägar, järnvägar, hamnar och sjöfart, el, tele och IT, fjärrvärme, dricksvatten, dagvatten och avloppssystem. Konsekvenser har bedömts för systemen med avseende på förändringar i temperatur, nederbörd, flöden, havsnivåer, grundvatten, snö, tjäle och vind.

På uppdrag av Structor har DHI utfört en skyfallskartering av Åkersberga med omnejd. I karteringen har ett kortvarigt intensivt regn (skyfall) motsvarande ett 100-årsregn i dagens klimat använts för att identifiera vattnets flödesvägar och samlingsområden.

Konsekvenser i Österåkers kommun

Intill Åkers kanal finns befintlig samt planerad bebyggelse inom riskområde för översvämningar och bristande stabilitet. Sydväst om Åkersberga intill Tunafjärden och Täljöviken finns tre pågående detaljplaner som redan idag ligger i riskzon att påverkas av höga havsnivåer. Även de pågående detaljplanerna vid Svinninge och Säbyviken är utsatta för översvämningrisk vid höga havsnivåer och problemen förväntas öka med stigande havsnivåer i ett förändrat klimat.

Enligt skyfallskarteringen finns 11 områden inom Åkersberga där vattnet blir mer än 0,5 meter djupt. Med klimatets förändringar kommer skyfallen att öka under kommande sekel.

Tunneln för Roslagsvägen genom Åkersberga bedöms vara känslig avseende skyfall på grund av att vatten kan rinna ner i tunneln och bli stående. Även andra punkter finns längs med Roslagsvägen som bedöms känsliga mot översvämningar till följd av skyfall. Roslagsbanan är vid några punkter, framförallt kring Åkers Runö station, utsatt för översvämningar till följd av skyfall som kan ge nivåer från 0,5 meter till över 1 meter djupt vatten i anslutning till järnvägen. Vissa av de hamnar som pekas ut som prioriterade i ÖP 2006 ligger lågt och är därmed känsliga för höga vattenstånd.

Skyfallskarteringen visar att en av elnätets mottagningsstationer ligger inom riskzon för att översvämmas med ett vattendjup på 0,5 m. Sträckor av fjärrvärmeledningen utmed Åkers kanal ligger lägre än 100-års havsnivån år 2100 och ytterligare sträckningar utmed kanalen ligger under lägsta rekommenderade grundläggningsnivå. Stabilitetsförutsättningarna är inte tillfredsställande i delar av fjärrvärmeledningens förläggning i dagens klimat. Dessa förutsättningar försämras ytterligare vid höjda framtida nivåer.

Delar av dricksvattennätet ligger inom översvämning utsatta områden och områden med bristande stabilitetsförutsättningar vid Åkers kanal och vid områden kring Sätterfjärden. De högre havsnivåerna under andra halvan av seklet i kombination med lägre grundvattennivåer under sommaren kan öka risken för saltvatteninträngning i kustnära brunnar, ett problem som är aktuellt redan idag inom Österåkers kommun. Ett antal gatubrunnar i avloppsnätet ligger inom översvämning utsatta områden på grund av havet.

Rekommendationer och strategier

Structor anser det viktigt att framhålla några rekommendationer, restriktioner och strategier med fokus på översvämningar, markstabilitet och ökad temperatur för nyexploatering och förtätning.

Syftet med detta förhållningssätt är att undvika ökad sårbarhet och skadekostnader till följd av att ny bebyggelse etableras inom känsliga områden eller områden som framöver kommer att bli utsatta.

Lokalisering, placering, höjdsättning samt utformning så tidigt som möjligt i planeringen är av avgörande betydelse för att samhällsstrukturen ska vara hållbar över tid. Åtgärder planeras och används inom olika skeden och är av olika karaktär – förebyggande, skyddande, beredskap och återställande. Dessa behöver planeras i tidigt skede. Ett lämpligt förhållningssätt vid planering kan sägas bestå av strategierna attack, försvar, reträtt.

Länsstyrelsen i Stockholm har år 2015 gett ut en rekommendation till länets kommuner om att ny bebyggelse och samhällsviktig verksamhet inte bör lokaliseras under +2,70 meter över havet (RH2000). Rekommendationen inkluderar klimatförändringar och landhöjning. Länsstyrelserna i mellansverige har år 2006 angett principiella ställningstaganden kring vilken typ av bebyggelse som är lämplig för lokalisering vid olika vattennivåer längs vattendrag och sjöar. Rekommendationen avser dagens klimat.

Structor anser att en rimlig grundprincip avseende skyfall är att bebyggelse och samhällsviktiga funktioner placeras på höjdparter medan grönytor placeras i lågstråk. Lämpliga riktvärden bör dessutom vara att grönytor inte placeras i zoner med vattendjup överstigande 0,5 meter. Undantag kan göras för ytor som inte utgör samlingsplatser för personer med nedsatt orienterings- och uppfattningsförmåga. Ytliga avrinningsvägar ska inte bebyggas. Platsspecifika skyddszoner runt avrinningsvägar behövs där erosions- och skredrisker beaktas. Ytterligare en grundprincip för att undvika ökad sårbarhet och ökade kostnader bör vara att välja bort områden som kan komma att innebära bristande säkerhet med risk för olyckor som ras, skred och erosion. Om exploatering ändå sker på dessa platser bör utredningar som detaljerade karteringar, förebyggande stabilitetsåtgärder och ekonomiska bedömningar utföras.

Redan i ett tidigt planeringsskede är det viktigt att fokusera på gröna och blå strukturer. Sådana lösningar kan ge positiva effekter vad gäller temperatur, infiltration och fördröjning av vatten samt sociala aspekter. Både gröonstrukturer, exempelvis gröna tak- och fasader, och blåstrukturer, som dammar och diken, har en avkylande effekt i tät bebyggelse. Blå-gröna strukturer ger även positiva effekter för biologisk mångfald och rekreation.

En tydlig målbild avseende hur ett förändrat klimat ska hanteras är av betydelse för det kommunala arbetet. Structor anser att en sådan målbild innebär att ge en nivå för acceptabla konsekvenser och vilka hot som bör vara styrande. Strategier bör utvecklas utifrån målbilden och användas som stöd i tidigt skede i översiktsplanering och för fortsatt detaljplanering. För att undvika ökad sårbarhet och ökade kostnader framöver är det viktigt att ställning tas till vilka rekommendationer och restriktioner som bör beaktas. Förebyggande åtgärder i den befintliga bebyggelsen behöver även vägas mot beredskapsåtgärder så att acceptabel risknivå uppnås över tid. Sammantaget innebär förhållningssättet en aktiv riskstyrning.

Rekommenderade åtgärder

Åtgärder att vidta i befintlig bebyggelse är av förebyggande karaktär som tekniska skyddsåtgärder, men kan även vara av beredskapskaraktär. Viktigt är att skapa en helhet som innebär riskreducering och en aktiv riskstyrning. Beredskapsåtgärder som används i operativa skeden är ett komplement till skyddsåtgärder, samt till de förebyggande rekommendationerna för ny bebyggelse, och behöver likt övriga åtgärder också planeras i tidigt skede. Lämpliga typåtgärder är: tekniska åtgärder, flödesvägar ovan mark, uppsamlingsåtgärder, fördröjningsåtgärder, absorptionsåtgärder, infiltrationsåtgärder, översvämningssparker, beredskapsåtgärder och temporära skyddsåtgärder.

Det mest kritiska området inom kommunen, både med avseende på en stigande havsnivå och de markförhållanden som råder, är de kring Åkers kanal. För att besluta om vilka åtgärder som bör vidtas är det viktigt att kommunen i ett första steg har en detaljerad bild av områdets markförhållanden så de mest kritiska delarna kan identifieras och åtgärdas. Åtgärder som kan bli aktuella är förstärkning av grundläggning hos befintlig bebyggelse, förstärkning av kanalens sidor och botten, geometriska förändringar av kanalen, utfläckning av slänter, avlastning av markytor utmed kanalen samt anläggande av skyddsvallar.

Utifrån utförd skyfallskartering kan kommunen identifiera problemområden vid skyfall. Åtgärder kan sedan vidtas i mindre och i större skala. Mindre åtgärder kan vara öppna dagvattenlösningar, väl uttänkt höjdsättning samt ändrade flödesvägar m.m. Kommunen kan också välja att storskaligt planera för att översvämningar ska ske på områden som är lämpliga att översvämma utifrån landskapets topografi.

Kommunen bör verka för att Trafikförvaltningen och Trafikverket ser över vissa utpekade väg- och järnvägssträckor som riskerar att skadas vid höga havsnivåer och skyfall. Berörda aktörer bör utreda behov av ändrad höjdsättning av väg/järnväg alternativt invallning för att minimera risken för stående vatten på körbanan/banvallen.

Kommunen bör informera ansvarig aktör för elnätet om de risker för översvämningar som finns vid mottagningsstationen intill Täljöviken vid skyfall. Även fjärrvärmenätets utsatthet för höga havsnivåer och bristande stabilitet bör kommuniceras med ansvarig aktör.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	8
1.1	UPPDRAGET	8
1.2	BAKGRUND OCH SYFTE	8
1.3	ARBETSGRUPP	8
1.4	LÄSANVISNINGAR	8
2	METOD OCH AVGRÄNSNINGAR	9
2.1	METOD	9
2.2	AVGRÄNSNINGAR	11
2.3	UNDERLAGSMATERIAL	11
3	HOT – KLIMATFÖRÄNDRINGAR	13
3.1	KLIMATSCENARIER	13
3.2	KLIMATUNDELAG FÖR STOCKHOLMS LÄN	14
3.2.1	<i>Temperatur</i>	15
3.2.2	<i>Nederbörd</i>	17
3.2.3	<i>Tillrinning/flöden</i>	19
3.2.4	<i>Markfuktighet</i>	24
3.2.5	<i>Havsnivåer</i>	24
3.2.6	<i>Grundvatten</i>	27
3.2.7	<i>Snö</i>	27
3.2.8	<i>Tjäle</i>	27
3.2.9	<i>Vind</i>	27
4	BESKRIVNING AV ÖSTERÅKERS KOMMUN	28
4.1	BEBYGGELSE	28
4.2	KOMMUNIKATION	28
4.3	HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	29
4.4	GEOLOGISKA OCH GEOTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	29
4.5	ÅKERS KANAL	30
5	KONSEKVENSER AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR FÖR BEBYGGELSE OCH INFRASTRUKTUR	31
5.1	KONSEKVENSER FÖR BEBYGGELSE	32
5.1.1	<i>Havsnivåer</i>	32
5.1.2	<i>Tillrinning och Åkers kanal</i>	34
5.1.3	<i>Skyfall</i>	34
5.1.4	<i>Planerad ny bebyggelse</i>	35
5.1.5	<i>Byggnadskonstruktioner</i>	36
5.2	KONSEKVENSER FÖR INFRASTRUKTUR OCH KOMMUNIKATION	37
5.2.1	<i>Vägar</i>	37
5.2.2	<i>Järnväg</i>	39
5.2.3	<i>Hamnar och sjöfart</i>	40
5.2.4	<i>El, tele och IT</i>	41
5.2.5	<i>Fjärrvärme</i>	43
5.2.6	<i>Dricksvatten</i>	45
5.2.7	<i>Dagvatten- och avloppssystem</i>	46
5.3	SÅRBARHETER FÖR KLIMATETS FÖRÄNDRING	48
6	ÅTGÄRDER OCH REKOMMENDATIONER	49
6.1	NYEXPLOATERING OCH FÖRTÄTNING	50
6.1.1	<i>Restriktioner och rekommendationer</i>	50
6.1.2	<i>Förebyggande systemspecifika åtgärder för ny bebyggelse inom Österåker</i>	53

6.2	BEFINTLIG BEBYGGELSE.....	55
6.2.1	<i>Strategiskt förhållningssätt avseende åtgärder.....</i>	55
6.2.2	<i>Systemspecifika åtgärder för bebyggelse inom Österåker.....</i>	56
6.3	SAMHÄLLSEKONOMISKA ANALYSER I PLANERING OCH BEFINTLIG BEBYGGELSE.....	61
7	REFLEKTIONER INFÖR FORTSATT ARBETE MED KLIMATANPASSNING	62
8	REFERENSER.....	64
9	BILAGOR	65
9.1	BILAGA 1. KARTOR SOM VISAR HAVSNIVÅER OCH BEFINTLIG BEBYGGELSE.....	65
9.2	BILAGA 2. KARTOR SOM VISAR ÖVERSVÄMNING AV SKYFALL ÖVER KOMMUNENS CENTRALA DELAR.....	65

1 Inledning

1.1 Uppdraget

Enligt avtal har Structor Miljöbyrån i uppdrag att genomföra en övergripande klimat- och sårbarhetsanalys åt Österåkers kommun. Analysen ska svara på:

1. Var och hur klimatförändringarna kommer att påverka Österåkers kommuns geografiska område, den befintliga och planerade bebyggelsen och infrastrukturen?
2. Hur vi för framtiden ska planera för att undvika ökad sårbarhet och ökade kostnader för klimatförändringarna?
3. Vilka restriktioner och riktlinjer som behöver finnas för ny bebyggelse och infrastruktur mm samt vilka anpassningsåtgärder som är relevanta att beskriva i ett översiktsplanskede?

I uppdraget ingår också en skyfallskartering av Åkersberga med omnejd. I modelleringen har ett kortvarigt intensivt regn (skyfall) motsvarande ett 100-årsregn i dagens klimat använts för att identifiera vattnets flödesvägar och samlingsområden. DHI har utfört modelleringen. Denna rapport med bifogade GIS-skikt redovisas separat.

1.2 Bakgrund och syfte

Österåkers kommun planerar att under 2016 ta fram en ny översiktsplan som ska ersätta den nuvarande översiktsplanen från 2006.

Syftet med klimat- och sårbarhetsanalysen är att identifiera och analysera de viktigaste klimatfaktorerna och processerna som påverkar kommunens fysiska planering och föreslå vilka anpassningsåtgärder som behöver vidtas. Analysen ska vara ett kunskapsunderlag till kommunens arbete med en ny översiktsplan.

1.3 Arbetsgrupp

Uppdraget har genomförts av en arbetsgrupp inom Structor. I gruppen har ingått: Christina Frost (uppdragsledare), Josef Nordlund, Robert Paulsson, Christof Ågren, Hanna Langéen och Fennia Carlander. För sammanställning av rapporten ansvarar Christina Frost, Josef Nordlund och Robert Paulsson.

1.4 Läsanvisningar

Rapporten utgör ett underlag för översiktsplaneringen. Framtagna resultat kan lämpligen också omsättas i kommunens övriga processer, planer och program, som i detaljplaner och i kommunens arbete med krisberedskap och skydd mot olyckor.

Som inledning till konsekvensavsnittet, avsnitt 5, finns en tabell där samtliga beaktade klimatfaktorer är angivna. För den som önskar få en samlad bild av klimatbakgrunden, avsnitt 3, och konsekvenserna av samtliga analyserade system, avsnitt 5, läses förslagsvis rapporten i sin helhet. För den som enbart är intresserad av ett specifikt system läses lämpligen enbart konsekvensanalysen för det aktuella systemet, alltså vald del av avsnitt 5, samt de klimatfaktorer som är utpekade för aktuellt system.

Konsekvensavsnittet innehåller för varje system en kort systembeskrivning, klimatfaktorer av betydelse för systemet, generella konsekvenser för systemet som helhet gentemot nämnda klimatfaktorer samt specifika konsekvenser för objekt som bedömts som viktiga.

Åtgärdsavsnittet, avsnitt 6, och reflektioner, avsnitt 7, läses förslagsvis i sin helhet.

2 Metod och avgränsningar

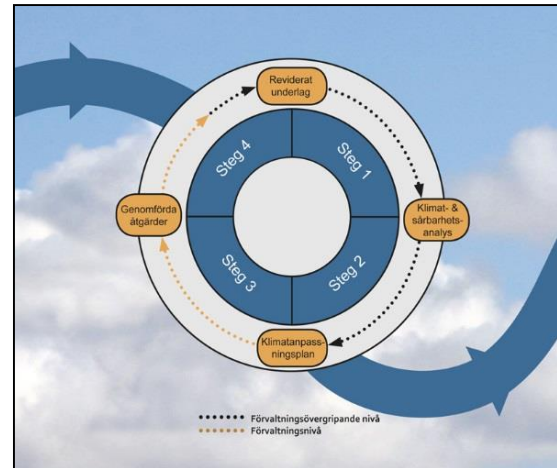
2.1 Metod

Den metodologiska grunden i kommunens klimat- och sårbarhetsanalys utgår från det processverktyg som beskrivs i länsstyrelsernas skrifter ”Klimatanpassning i fysisk planering”¹ och ”Konsekvens- och sårbarhetsanalys. Metodbeskrivning”². Metoden omfattar i sin helhet fyra huvudsteg, se figur 1:

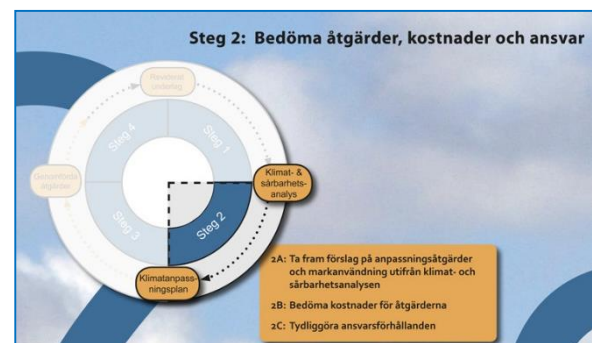
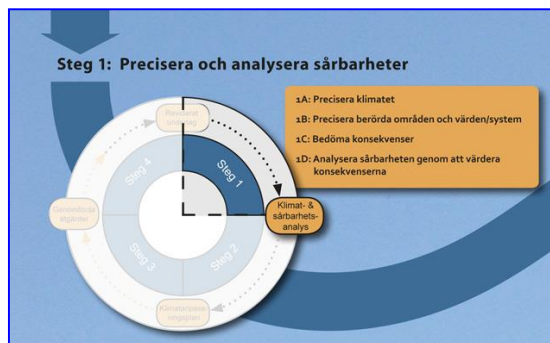
- Steg 1: Analysera sårbarheter
- Steg 2: Bedöma åtgärder och kostnader
- Steg 3: Prioritera, besluta och genomföra åtgärder
- Steg 4: Följa upp, utvärdera och revidera

Detta förvaltningsövergripande klimatanpassningsarbete präglas av en helhetssyn, nödvändig för att kunna beakta de aspekter och system som påverkas av ett förändrat klimat. Till processverktyget hör en mängd frågeställningar som bör besvaras.

Uppdraget omfattar det första och delar av det andra steget enligt figurerna.³



Figur 1. Processverktyg för klimatanpassning



Figur 2 och 3. Steg 1 och 2 i processverktyget: ”Precisera och analysera sårbarheter” samt ”Bedöma åtgärder, kostnader och ansvar”.

Det första steget innebär att genomföra en konsekvensanalys. En konsekvensanalys består av tre delar: kartläggning av vilka *hot* som finns inom aktuellt område, vilka *system* som är eller kan bli utsatta för hoten samt en bedömning av hur hoten påverkar systemen, alltså vilka *konsekvenser* som kan uppstå. Konsekvenserna kan vara av direkt karaktär respektive av indirekt, vilket innebär att de kan spridas⁴. De kan också vara positiva och negativa. De kan uttryckas på olika sätt genom utbredning, omfattning, intensitet, varaktighet, frekvens osv. För att avgöra om dessa konsekvenser innebär sårbarheter eller ej görs bedömningar utifrån olika aspekter, som ett

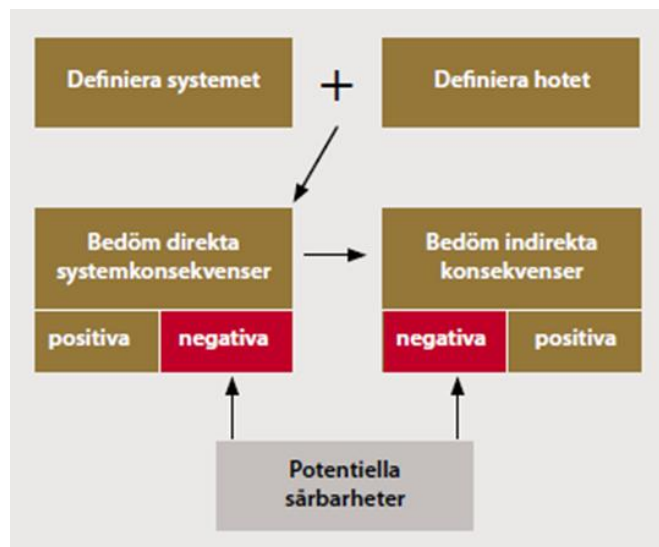
¹Länsstyrelserna, 2012, *Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna*

²Länsstyrelsen Stockholm, 2010, *Konsekvens- och sårbarhetsanalys – metodbeskrivning*

³Länsstyrelserna, 2012, Figurenerna är hämtade från postern *Strukturerande verktyg för kommunal klimatanpassningsplanering – process och konsekvensanalys*

⁴I stället för begreppen direkt konsekvens och indirekt konsekvens används emellanåt begreppen påverkan respektive konsekvens.

objekts eller systems vikt för andra system och samhället, beroendeförhållanden, vilken redundans samt resiliens som finns o.s.v.⁵, se figur 4.



Figur 4. Konsekvensanalysens tre delar – hot, system, direkta och indirekta konsekvenser

Som stöd i konsekvensanalysen används verktyget ”Morfologisk analys”, ett effektivt verktyg för problemstrukturering och analys. Först identifieras problemets viktigaste parametrar, och därefter vilka aspekter som bedöms intressanta för respektive parameter. Sammantaget ger detta en avgränsad bild av problemkomplexet.

Första delen inom konsekvensanalysen utgör en strukturering av vilka klimatafaktorer som kan påverka systemen inom det aktuella området, som nederbörd, temperatur, havsnivåer, samt hur de kan uttryckas i exempelvis intensitet, frekvens, varaktighet, tidsperspektiv. Andra delen utgörs av en strukturering och beskrivning av de system som ska betraktas inom kommunens geografiska område, som bebyggelse och olika slag av tekniska infrastruktursystem. Viktiga parametrar för respektive system är framförallt systemtyp och systemnivå, men också livslängd, geografisk belägenhet och redundans. I skärningen mellan hot och system uppstår konsekvenser. En kvalitativ bedömning av konsekvenserna görs för att bedöma deras karaktär. Som tidigare nämnts kan konsekvenserna, även för klimatförändringar, vara av positiv och negativ karaktär, direkta och indirekta, och av olika slags allvarlighet.

Vid bedömning och prioritering av åtgärder, processverktygets steg 2 och 3, är det viktigt att utgå från ett objekts/systems utsatthet och känslighet, att beakta vilken vikt ett objekt har för det system det tillhör och vilken vikt systemet har för samhället i stort. Det är likaså angeläget med kunskap om redundans. Bedömningar om effekt och synergieffekt av en åtgärd, möjligheter och hinder att kunna vidta åtgärden, kunskap om var lösningar kan vara enkla att implementera, kostnader för åtgärden liksom kostnaden att inte vidta en åtgärd, ger också stöd vid prioritering.

Tidsaspekten exempelvis när en åtgärd lämpligen bör vidtas är viktigt att beakta. Den hänger samman med klimatets förändring, objekts/systems livslängd och när åtgärder i övrigt bedöms lämpliga att vidta inom den kommunala verksamheten.

⁵ Med redundans avses de åtgärder som finns vidtagna och inbyggda i system. Med resiliens avses den återuppbyggnads- och återställningsförmåga som finns inom system och samhälle.

2.2 Avgränsningar

Hot

Scenario RCP4,5 från FN:s klimatpanel ligger till grund för konsekvensanalysen, se vidare avsnitt 3. Eftersom den senaste regionala klimatanalysen från SMHI för Stockholms län inte innehåller alla relevanta klimatfaktorer för de valda systemen kompletteras analysen med vissa klimatfaktorer från SMHI:s tidigare regionala klimatanalys för Stockholms län. Denna är baserad på en tidigare typ av klimatscenarier, så kallade utsläppsscenarioer, då främst A1B (SRES).

Tidsperspektiv

Analysen har två tidsperspektiv: 2040 vilket är samma som för den nya översiktsplanen och 2100 för att bebyggelse och infrastruktur är system med lång livslängd.

Geografi

Hela kommunens yta ingår i analysen, men fokus ligger på de centrala delarna av Åkersberga och på områden utpekade som aktuella för exploatering.

System

Fokus ligger på bebyggelse och teknisk infrastruktur. Med infrastruktur avses följande system: väg, järnväg, hamnar, el, fjärrvärme, tele/IT, dricksvatten, avlopp/dagvatten. Avseende hälsa utgörs begränsningen av en kort beskrivning av värmeåtgärder för bebyggelsen som helhet. Värmekartering, smittspridning och värmeböljor ingår inte. Areella sektorn, vattenmiljön och naturmiljön, deponier och förorenade områden är också avgränsade från uppdraget.

Analysens detaljeringsgrad

Analysen är en systemanalys för att bedöma konsekvenser av klimatets påverkan på systemen, vilket ger en bild av systemens känslighet. Den anger även till viss del konsekvenser för specifika objekt. När drabbade objekt av betydelse framgår, t.ex. vid karteringar, så tar vi upp dessa konsekvenser. Detaljeringsgraden är på systemnivå. Som exempel kan nämnas att enskilda brunnar med risk för saltvatteninträngning inte ingår. Istället pekas risken ut för påverkan i större områden som har denna systemstruktur.

Analysens huvudfokus skiljer sig från en RSA:s. Analysen är bred, på systemnivå med avseende på klimatets förändring, och har som syfte att utgöra ett underlag till översiktsplaneringen. Vi har därför inte som syfte att särskilt peka ut samhällsviktiga verksamheter och objekt, vilket utgör fokus i RSA-arbete.

Karteringar

De hot och den rekommendation som karterats är 100-års regn i dagens klimat (skyfallskarteringen), 100-årshavsnivå år 2010, 100-årshavsnivå år 2100 samt länsstyrelsens rekommenderade lägsta grundläggningsnivå. Kartor redovisas i förminskat format löpande i texten vilket gör att kartornas läsbarhet i vissa fall påverkas. Legenderna visas därför även i större format i början av avsnitt 5. Samtliga kartor finns i större format i bilaga 1 och 2.

2.3 Underlagsmaterial

Följande underlag ligger framförallt till grund för konsekvensanalysen:

- Regionalt klimatunderlag, SMHI, 2015
- Regionalt klimatunderlag, SMHI, 2010
- Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2015
- Skyfallskartering av 100-årsregn i dagens klimat, DHI, 2015
- GIS-skikt, Österåkers kommun, 2015

Övrigt underlagsmaterial, som systembeskrivningar, metodbeskrivningar, kartunderlag mm refereras löpande till som fotnot. Detta material återfinns också i referenslistan i avsnitt 8.

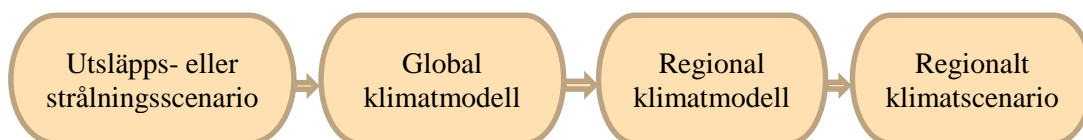
3 Hot – Klimatförändringar

Vid FN:s miljömöte i Rio 1992 antogs FN:s ramkonvention om klimatförändringar (UNFCCC). Huvudmålet för konventionen är att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären ska stabiliseras på en nivå som förhindrar farlig mänsklig störning av klimatsystemet. Vid klimatkonventionens partsmöte 2010 (COP 16, Cancun, Mexico) ställde sig alla konventionens parter (i praktiken alla världens länder) bakom tolkningen att det betyder att den globala uppvärmningen begränsas till under 2 grader Celsius (C) jämfört med den förindustriella nivån, det så kallade "tvågradersmålet". Ökningen av den globala medeltemperaturen är idag ungefär 0.9 grader jämfört med förindustriell nivå⁶. För att nå målet krävs det att de globala utsläppen av växthusgaser halveras till år 2050 jämfört med år 1990 och att utsläppen är nära noll vid år 2100. Efter som både utsläpp, resurser och historiska utsläpp är ojämnt fördelade i världen anser bland andra EU att det ligger ett större ansvar att minska utsläppen på de utvecklade länderna, som bör minska sina utsläpp med 80-95 % till år 2050. Sveriges vision är att vara klimatneutralt till år 2050. Om utsläppen fortsätter att utvecklas som de gjort fram till idag kommer den globala temperaturökningen dock att överskrida två grader.

Resultaten från gjorda modelleringar visar att temperaturförändringen i nordligaste Sverige under vintern kan komma att överskrida 3 °C när globala medeltemperaturen ökat med 2 °C. Under sommaren visar scenarierna en mindre ökning och det är bara i de nordligaste delarna av landet som den är större än 1,5 °C⁷.

3.1 Klimatscenarioer

Ett klimatscenario beskriver en möjlig utveckling av klimatet och är uppbyggt av flera delar. I grunden finns antingen ett scenario för hur utsläppen av växthusgaser kommer att utvecklas eller ett scenario för hur strålningsdrivningen⁸ utvecklas. I FN:s klimatpanels (IPCC) senaste rapport⁹ från år 2013 används scenarier för strålningsdrivning (så kallade RCP¹⁰), medan IPCC i de föregående rapporterna använde scenarier för växthusgasutsläpp. Ett scenario för strålningsdrivning används som indata till en eller flera globala klimatmodeller, som producerar ett globalt klimatscenario. För att få högre upplösning och klimatscenario som är användbart på regional nivå används det globala klimatscenariot som indata till en regional klimatmodell (fig 5).



Figur 5. Från globalt utsläpps- eller strålningsscenario till regionalt klimatscenario.

Beskrivningen av klimatbakgrunden i det här uppdraget utgörs av två regionala klimatscenarioer baserade på två av IPCC:s scenarier för strålningsdrivning kallade RCP 4,5 och RCP 8,5. Bakgrunden till RCP 4,5 är bland annat att länder med stora utsläpp av växthusgaser inför en kraftfull klimatpolitik och att de globala utsläppen kulminerar kring år 2040. I scenariot RCP 8,5 fortsätter utsläppen att öka under hela det innevarande århundradet och klimatpåverkan blir

⁶ I Sverige är ökningen av medeltemperaturen 1,6 grader Celsius.

⁷ SMHI tillsammans med Naturvårdsverket och Energimyndigheten, 2014, *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*

⁸ Strålningsdrivningen är skillnaden mellan hur mycket energi solstrålningen som träffar jorden innehåller och hur mycket energi som jorden strålar ut i rymden igen. Denna energi mäts i enheten watt per kvadratmeter, W/m². Strålningsdrivningen ökar då mängden växthusgaser ökar i atmosfären, vilket resulterar i en global ökning av temperaturen på jorden.

⁹ IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

¹⁰ <http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarioer/vad-ar-rcp-1.80271>

då väsentligt större. I faktarutorna nedan illustreras klimateffekter, både med en kraftfull klimatpolitik och en politik med brist på kraftigare klimatåtgärder och de förändringar som då kan bli följden. IPCC gör ingen bedömning av scenariernas sannolikhet. Men om möjlighet till en hållbar utveckling på jorden ska finnas kvar måste utvecklingen gå i en riktning som gör att utsläppen inte blir högre än motsvarande RCP4,5. Utvecklingen av klimatåtgärder i världen är osäker, det är kort om tid, och det behövs relativt stora omställningar av sektorer som energi, transporter, konsumtion m.m. Det är därför relevant att visa på effekterna av klimatscenerierna, både med och utan omställning.

RCP8,5 - fortsatt höga utsläpp av koldioxid

Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100.
Metanutsläppen ökar kraftigt.
Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion.
Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt.
Stort beroende av fossila bränslen
Hög energiintensitet.
Ingen tillkommande klimatpolitik.

RCP4,5 - koldioxidutsläppen kulminerar 2040

Kraftfull klimatpolitik.
Lägre energiintensitet.
Omfattande skogsplanteringsprogram.
Lägre arealbehov för jordbruksproduktion, bl.a. till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster.
Befolkningsmängd: något under 9 miljarder.
Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring 2040.

3.2 Klimatundelag för Stockholms län

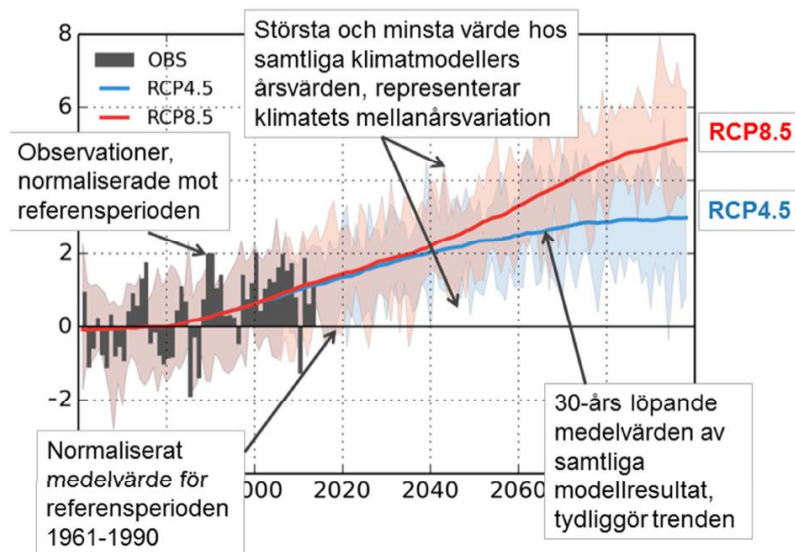
Förändringar i temperatur, nederbörd, flöden och markfuktighet under innevarande sekel enligt nedan är hämtade från SMHI:s senaste klimatanalys för Stockholms län¹¹. Uppgifterna om förändrade havsnivåer, nollgenomgångar, snö, tjäle, grundvatten och vindar är hämtade från SMHI:s tidigare klimatanalys för Stockholms län¹².

SMHI redovisar de förväntade effekterna på klimatet i Stockholms län enligt både RCP 4,5 och RCP 8,5. Fram till mitten av seklet (kring år 2040-2050) blir det inte så stora skillnader mellan effekterna utan scenarierna följs åt i stor utsträckning. Detta beror dels på att utsläppen fortsätter att öka fram till 2040 i båda scenarierna, men att de därefter minskar i RCP 4,5 medan de fortsätter öka i RCP 8,5. Dels beror det på att effekterna fram till mitten av seklet i stor utsträckning hänger samman med utsläpp som redan har skett eller som sker nu, och som därför inte påverkas av några kommande beslut. De index som berör temperatur och nederbörd presenteras med 4x4 km upplösning. De hydrologiska indexen, som berör tillrinning och markfuktighet, presenteras för avrinningsområden. Beräkningar av korttidsnederbörd är utförda direkt på regional klimatdata med upplösning 50x50 km.

I figur 6 nedan förklaras hur diagrammen som beskriver olika klimatindex är uppbyggda.

¹¹ SMHI, 2015, *Framtidsklimat i Stockholms län - enligt RCP-scenarier*

¹² SMHI, 2010, *Regional klimatsammanställning - Stockholms län*



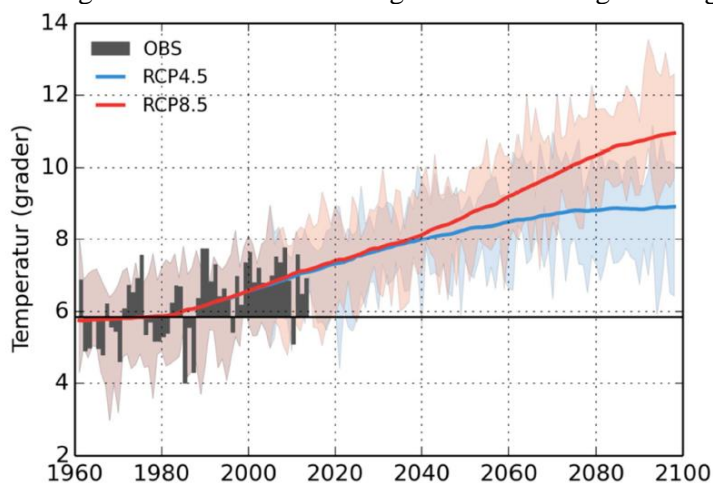
Figur 6. Beskrivning av klimatdiagrammens struktur.

3.2.1 Temperatur

Årsmedeltemperatur

Årsmedeltemperatur är tillsammans med årsmedelnederbörd de mest använda indexen för att beskriva klimatet. Under perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen för hela Stockholms län 5,8°C. Det är något varmare i den södra delen av länet än i den norra. Under perioden, 1991-2013, har temperaturen ökat med ungefär en halv grad. Trenden att det blir varmare är tydlig under hela perioden fram till år 2100, och utvecklingen i de i båda RCP-scenarierna är likartad fram till mitten av seklet. Andra halvan är det dock tydliga skillnader då temperaturen fortsätter att stiga kraftigt enligt RCP8,5.

Figur 7 visar förändringen i Stockholms län för de två RCP-scenarierna. Årsvärden av *observerad* medeltemperatur för Stockholms län är markerade som staplar. Staplarna visar att årsmedeltemperaturen i länet kan variera med ca 4°C. Att temperaturen fortsätter att variera även i framtiden framgår av de skuggade fälten i diagrammet som visar den *modellerade* temperaturen. De heldragna linjerna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna för att förtydliga trender. Temperaturen väntas stiga med flera grader till slutet av seklet i båda scenarierna, enligt RCP4.5 med 3 grader och RCP8.5 med 5 grader. Förändringen är ungefär densamma för hela länet.



Figur 7. Årsmedeltemperaturen för Stockholms län till år 2100 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Mildare vintrar och varmare somrar

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar att det blir varmare under alla årstider fram till slutet av seklet. Om årstiderna definieras utifrån temperatur kan alltså hösten hålla i sig längre och våren komma tidigare än idag. Följaktligen blir också vintern kortare och sommaren längre. Temperaturen ökar mest under vintern då det enligt RCP4.5 blir ca 3 grader varmare till slutet av seklet, medan det enligt RCP8.5 blir upp till 6 grader varmare, jmf med referensperioden 1961-1990. Den näst största temperaturökningen under året kan förväntas sommartid då RCP4.5 visar på en ökning i medeltemperatur med 3 grader och RCP8.5 på 5 grader. Observerade och förväntade medeltemperaturer under årstiderna visas i tabell 1.

Tabell 1. Medeltemperaturer under årstiderna för referensperioden samt 2040 och 2100.

År	RCP 4.5				RCP 8.5			
	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Vinter	Vår	Sommar	Höst
1961-1990	-3	4	15	7	-3	4	15	7
2040	0	7	18	8	0	7	18	8
2100	0	7	18	9	3	9	20	11

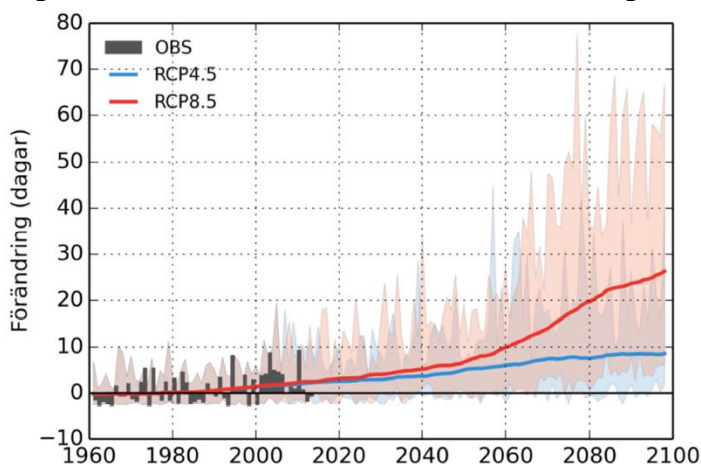
Vegetationsperiod

Vegetationsperioden startar när dygnsmedeltemperatur är högre än 5 °C fyra dagar i följd och slutar med årets sista sådana period. Längden på vegetationsperioden under referensperioden 1961-1990 för länet som helhet var 201 dagar, alltså drygt 6 månader. Vegetationsperioden är något längre i länets södra del än i den norra, och under de senaste dryga 20 åren har den blivit en vecka längre. Klimatscenerierna visar att vegetationsperioden fortsätter att öka. I slutet av seklet visar RCP4.5 på en ökning med ca 60 dagar och RCP8.5 på ca 100. Enligt RCP8.5 kommer alltså vegetationsperioden att bli ca 300 dagar vid slutet av seklet.

Idag startar vegetationsperioden en vecka tidigare än under referensperioden, och trenden fortsätter under resten av århundradet. I slutet av seklet startar vegetationsperioden ca 5 respektive 7 veckor tidigare, vilket innebär en starttidpunkt 3-4 veckor senare enligt RCP4.5 och drygt 1 månad enligt RCP8.5.

Värmebölja

Värmebölja definieras här som årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20 °C. Under referensperioden 1961-1990 fanns bara ett fåtal tillfällen varje år som denna översteg 20 °C, medelvärde var 3 dagar. Under de senaste drygt 20 åren har antalet sammanhängande dagar med medeltemperatur över 20 °C ökat med ett par dagar per år. Scenerierna visar att antalet kommer att fortsätta öka (figur 8). I RCP8.5 blir värmeböljorna ca 25 dagar långa i slutet av seklet, medan det i RCP4.5 blir vanligt med ca 10 dagar.



Figur 8. Förändring i antalet varma dagar enligt RCP 4.5 och RCP 8.5.

Graddagar för uppvärmning och kylning

Graddagar för uppvärmning visar uppvärmningsbehovet för bostäder under ett år. Varje dygn som är kallare än 17 °C bidrar till det totala antalet graddagar. Om temperaturen exempelvis är 13 °C i genomsnitt under ett dygn bidrar alltså det dygnet med fyra graddagar till det totala antalet. Uppvärmningsbehovet har minskat och båda scenarierna visar att det fortsätter att minska. För referensperioden 1961-1990 var antalet graddagar 4 123 i genomsnitt för Stockholms län, med en variation från norr till söder. RCP4.5 visar en minskning på ca 1 000 vid seklets slut medan RCP8.5 ger en minskning på ca 1 500.

Graddagar för kylning visar kylbehovet i bostäder under ett år och är summan av hela årets dygnsmedeltemperaturer över 20 °C. En dygnsmedeltemperatur på 22 °C bidrar exempelvis med 2 grader till årssumman. Behoven av kylning har historiskt varit små i Sverige. Under referensperioden var behovet i medel 7 graddagar. Kylbehovet ökar med ökande sommartemperaturer och RCP8.5 visar en markant ökning mot slutet av seklet till i medel 150 graddagar. Trots detta kommer uppvärmningsbehovet att vara väsentligt större än kylningsbehovet även i framtiden. Byggnaders kylbehov påverkas även av andra faktorer, som byggnadens orientering mot söder, andel glas av fasaden och isoleringsgrad i klimatskalet.

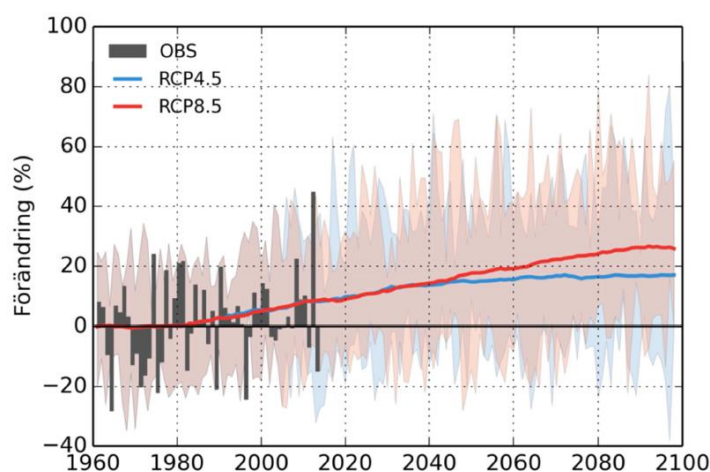
Nollgenomgångar

Nollgenomgångar är när två på varandra följande dagar har en skillnad i temperatur som korsar 0 °C. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka 30 tillfällen per år. Trenden är att antalet nollgenomgångar minskar i ett framtida varmare klimat. Mot slutet av seklet kommer de att vara mer ovanliga och inträffa vid 10-20 tillfällen per år istället för cirka 30 som idag. Vissa år kommer helt att sakna dylika. De används framförallt vid analyser av konstruktioners hållfasthet.

3.2.2 Nederbörd

Årsmedelnederbörd

Årsmedelnederbörd är tillsammans med årsmedeltemperatur det mest använda indexet för att beskriva klimatet. Årsmedelnederbörden i Stockholms län var 609 mm under perioden 1961-1990. Figur 9 visar att mellanårsvariationen är stor (se de svarta observationsstaplarna), 20 % mer eller mindre än medelvärdet är inte ovanligt. Under de senaste 23 åren har nederbörden ökat marginellt. I ett framtida klimat väntas den öka mer, enligt RCP8.5 med upp mot 30 % till slutet av seklet, medan den enligt RCP4.5 ökar med knappt 20 %.



Figur 9. Årsmedelnederbörd till år 2100 enligt RCP 4.5 och RCP 8.5.

Medelnederbördens säsongsvariation

Medelnederbörden ökar under alla säsonger enligt båda scenarierna, men mellanårsvariationen är stor. Vinternederbörden ökar mycket, vår- och sommarnederbörden ökar måttligt och höstnederbörden även den måttligt eller bara lite. I tabell 2 visas den procentuella ökningen av medelnederbörd under årstiderna.

Tabell 2. Medelnederbörden under årstiderna i mm och dess förändring i %.

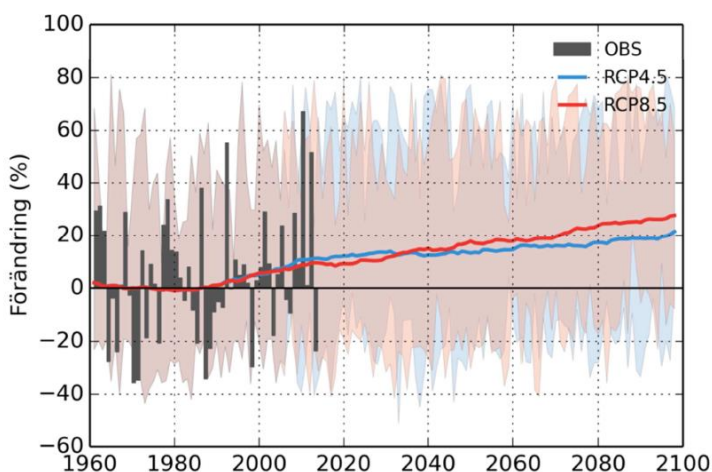
År	RCP 4.5				RCP 8.5			
	Vinter	Vår	Sommar	Höst	Vinter	Vår	Sommar	Höst
1961-1990	132	100	187	182	132	100	187	182
2040	15-20	20	20	10	15-20	30	20	10
2100	15-20	20	20	10	30-40	30	20	25

Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd - kraftig nederbörd

Under referensperioden 1961-1990 uppmättes dagar med nederbörd med mer än 10 mm 13 gånger per år. Scenarierna visar att länet kommer att få fler dagar med kraftig nederbörd till slutet på seklet. Enligt RCP4.5 ökar antalet dagar med ca 5 och enligt RCP8.5 med ca 8. Kraftig nederbörd innebär risk för översvämningar.

Maximal dygnsnederbörd

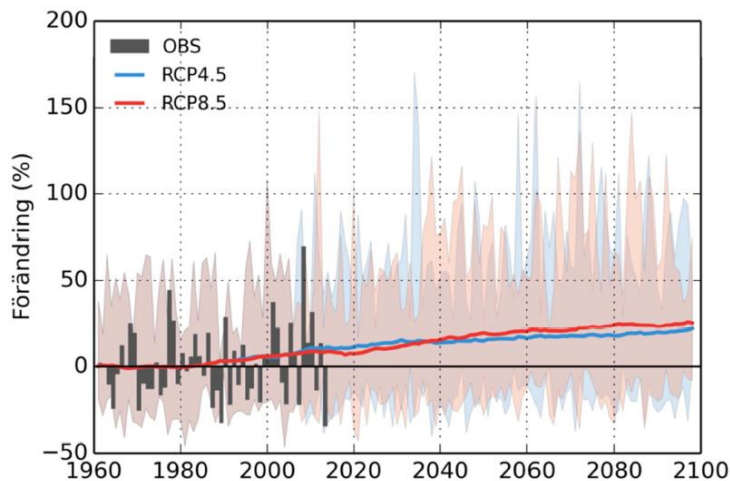
Indexet är ett mått på årets största dygnsnederbörd och indikerar risken för skyfall. Det geografiska medelvärdet av årets största dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 28 mm, men som visas i figur 10 varierar mängden mycket från år till år och ett enskilt regn kan lokalt ge betydligt större regnmängder. Till slutet av seklet ökar den maximala dygnsnederbörden med 30 % enligt RCP8.5 och med 20 % enligt RCP4.5. Nederbörden är oregelbundet fördelad geografiskt. Det innebär att ett kraftigt regn kan inträffa var som helst i länet, men det tycks vara något vanligare söder om Mälaren än norr om. Dock bör nederbördsfördelningen inom länet för framtiden tolkas med försiktighet.



Figur 10. Maximal dygnsnederbörd till år 2100 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Maximal 7-dygnsnederbörd – långvarig nederbörd

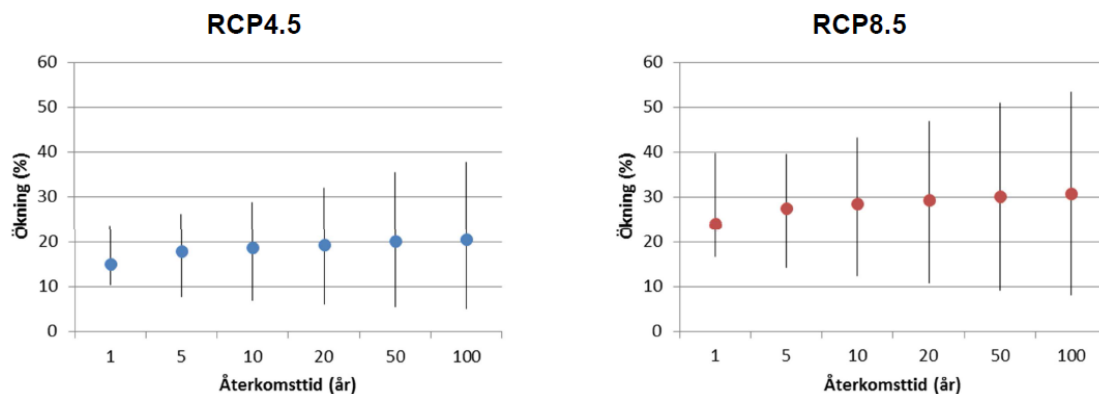
Det geografiska medelvärdet av årets största 7-dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 62 mm, men som figur 11 visar kan mängden variera mycket mellan åren. Scenarierna visar en ökning av 7-dygnsnederbörden. RCP8.5 ger en ökning på ca 25 % och RCP4.5 något mindre till slutet av seklet. Den långvariga nederbörden påverkar vattenflöden i små och medelstora vattendrag.



Figur 11. Maximal 7-dygnsnederbörd till år 2100 enligt RCP4.5 och RCP8.5.

Korttidsnederbörd

Den extrema 1-timmensnederbörden ökar enligt båda scenarierna, och särskilt de mer sällsynta skurarna. SMHI har gjort studier av hur intensiv nederbörd kan förändras i framtiden som underlag till Dricksvattenutredningen¹³. I figur 12 visas förändringen för Stockholms län av extrem nederbörd med 1-timmens varaktighet baserat på de studierna. Den procentuella ökningen av 1-timmensnederbörd för perioden 2069-2098 jämförs med referensperioden 1961-1990. Förändringen i nederbördsmängd visas för olika återkomsttider. Återkomsttid betyder att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Denna nederbördstyp förväntas öka. RCP8.5 visar på större förändring än RCP4.5. Ökningen är störst för de längre återkomsttiderna, dvs. de mer ovanliga extrema skurarna. De årligen återkommande skurarna kan öka med 15-25 %, medan de mer sällsynta med längre återkomsttid än 1 år ökar ännu mer.



Figur 12. Procentuell förändring av nederbörd med varaktigheten 1 timme mellan perioderna 2069-2098 och 1961-1990 för Stockholms län. Punkterna representerar medianvärden och vertikala streck visar spridningen mellan de olika modellberäkningarna.

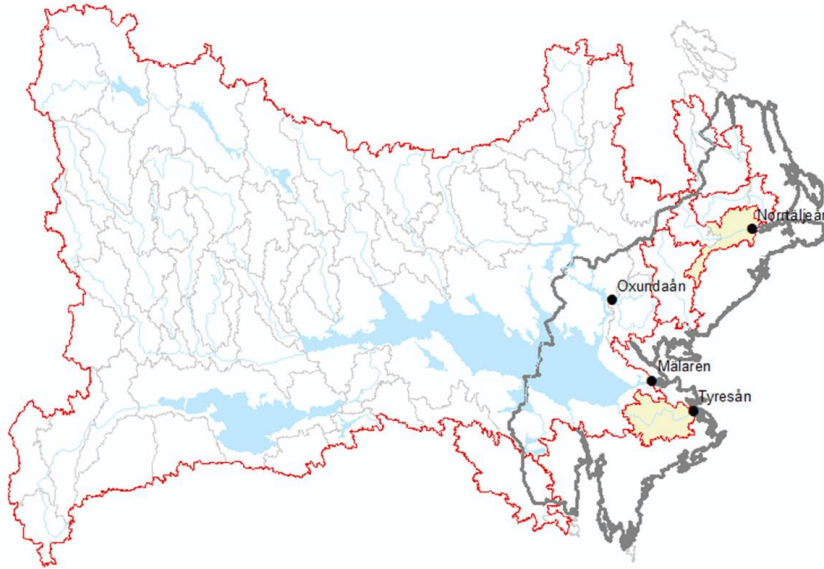
3.2.3 Tillrinning/flöden

Total medeltillrinning

Den totala tillrinningen innebär det ackumulerade flödesbidraget från alla avrinningsområden som ligger uppströms, det vill säga även utanför länsgränsen. Indexet kan vara av intresse vid

¹³ SMHI, 2015, Sveriges framtida klimat – underlag till Dricksvattenutredningen

planering av markanvändning kring sjöar och vattendrag, men också för att bedöma vattentillgång till kraftproduktion och vattenuttag. I figur 13 är de utvalda vattendragen för analys av total tillrinning markerade med punkter. Gula områden används för analyser av lokal tillrinning.



Figur 13. Kartan visar avrinningsområden (röda linjer) och delområden enligt HBV-modellen (ljusgrå linjer). De gulmarkerade områdena avser beräkningarna för lokal tillrinning och markfuktighet. Stockholms län markeras med grå linje.

Den totala årsmedeltillrinningen väntas öka till mitten av seklet, för att sedan minska ner till samma nivå som under referensperioden. Tillrinningen väntas öka mest under vintern på grund av mildare vintrar med en ökande nederbörd och då en större del av nederbörden faller som regn istället för snö. Mot mitten av seklet ses en generell ökning av vintertillrinningen i länet men med variationer, och den ökningen fortsätter mot slutet av seklet.

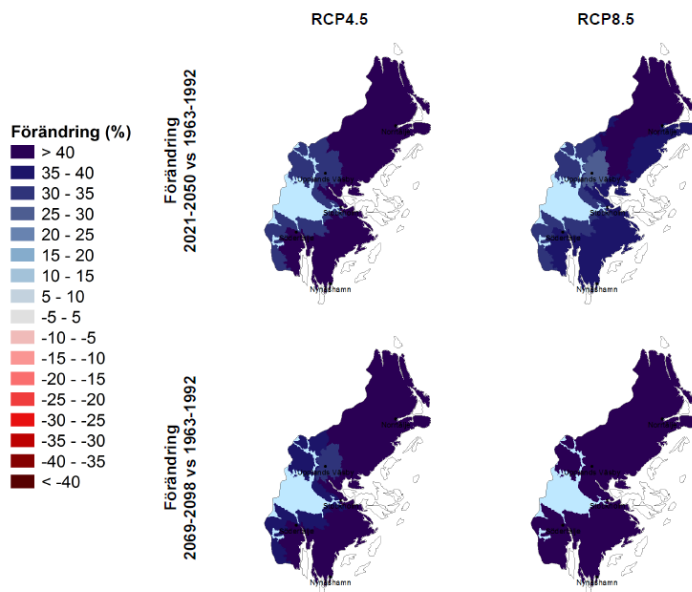
Förändringen av medeltillrinningen under ett dygn med en återkomsttid på 10 år har betydelse för de områden som idag lätt översvämmas. Denna tillrinning kan komma att öka i de västra delarna av länet, och minska i de östra. Mönstret för 100-årstillrinningen har stora likheter med 10-årstillrinningen med ökande tillrinning i de västra delarna och minskande i de östra.

Lokal medeltillrinning

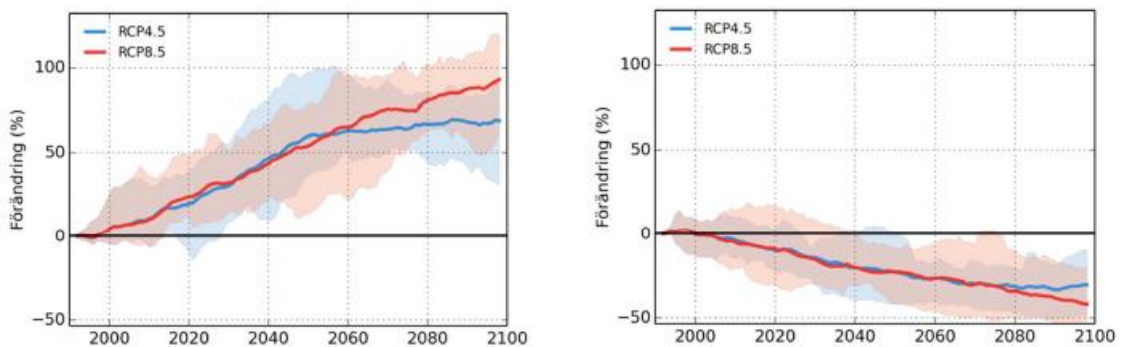
Den lokala medeltillrinningen, tillrinning enbart från det aktuella avrinningsområdet, är av betydelse för mindre vattendrag vars flöden enbart beror av lokala förhållanden. Den kan användas för att visa hur förutsättningarna för exempelvis liv och vattenkraft i små vattendrag kan förändras. Den lokala årsmedeltillrinningen visar något ökande flöden till mitten av seklet och något ökande eller oförändrade tillrinningar i slutet av seklet jämfört med referensperioden.

Norrtäljeån representerar länets norra delar i den här beskrivningen. Den största förändringen av den lokala tillrinningen inträffar på samma sätt som för den totala under vintern på grund av att nederbörden väntas öka och att vintrarna blir mildare (figur 14). För Norrtäljeån följs scenarierna åt till mitten av seklet för att därefter skiljas åt (figur 15). RCP8.5 visar på en ökning med närmare 100 % för Norrtäljeån, medan RCP4.5 ger 70 %. Den lokala tillrinningen under våren väntas minska eftersom temperaturen ökar. För Norrtäljeån väntas en minskning med kring 25 % i slutet av seklet. Det innebär att vårfloden ersätts av höga tillrinningar under vintern istället, då nederbörden i allt mindre utsträckning faller som snö. För sommarperioden visar scenarierna minskad tillrinning (figur 17), vilket också ses i diagrammet för Norrtäljeån (figur 16). Detta är en konsekvens av att avdunstningen ökar. För höstperioden kan ökad eller oförändrad tillrinning

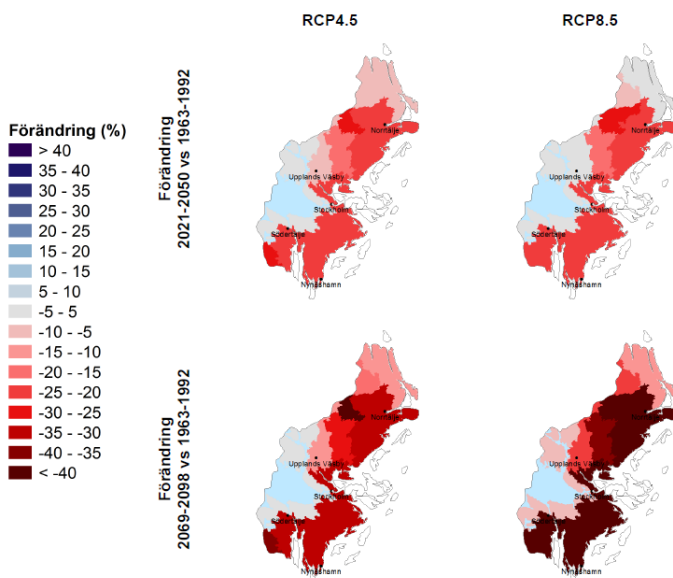
väntas i slutet av seklet för större delen av länet, dock inte lika stor som under vintern. En ökning sker till mitten av seklet för Norrtäljeån för att därefter plana ut.



Figur 14. Lokal medeltillrinning på vintern i Stockholms län enligt RCP 4.5 och RCP 8.5..



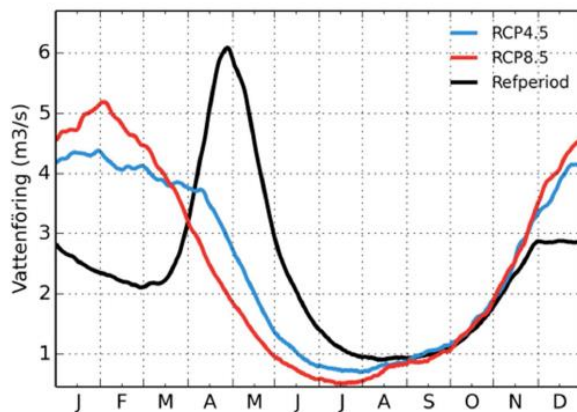
Figur 15 och 16. Lokal medeltillrinning på vintern och sommaren för Norrtäljeån enligt RCP 4.5 och RCP 8.5..



Figur 17. Lokal medeltillrinning på sommaren i Stockholms län enligt RCP 4.5 och RCP 8.5..

Tillrinningens årsdynamik

Tillrinningen varierar både mellan olika år och under ett år beroende på hur nederbörd, temperatur, snötäcke, markfuktighet och avdunstning varierar och samspelar, men det finns oftast ett återkommande mönster under året. Förändringar i årstidsmönstren kan ha stor betydelse för vattenförsörjning, miljö och biologisk mångfald, översvämningsrisker och vattenkraftsproduktion. I figur 18 visas medelvärden för årstidsmönstret i Norrtäljeån. Svart linje visar referensperioden 1963-1992 och de två övriga linjerna perioden 2069-2098. Blå linje anger beräkningar enligt RCP4.5 och röd linje RCP8.5. Det finns tydliga årstidsförlopp för vattendragen i Stockholms län under referensperioden, med vårflödestopp, låga sommarflöden och högre höstflöden. Framtidsscenarierna visar i stället på högre vinterflöden. Vårflödestopparna är helt borta. Som tidigare påpekats beror detta på att det faller mer nederbörd under vintern och i form av regn, vilket i sin tur medför att snösmältningen minskar under våren och vårflödestoppen uteblir. Diagrammet visar också att det blir en längre säsong med låga och lägre flöden. RCP8.5 ger större variationer än RCP4.5. Diagrammet visar medelvärden. Därmed framträder de typiska dragen tydligare, men variationen mellan år är stor.

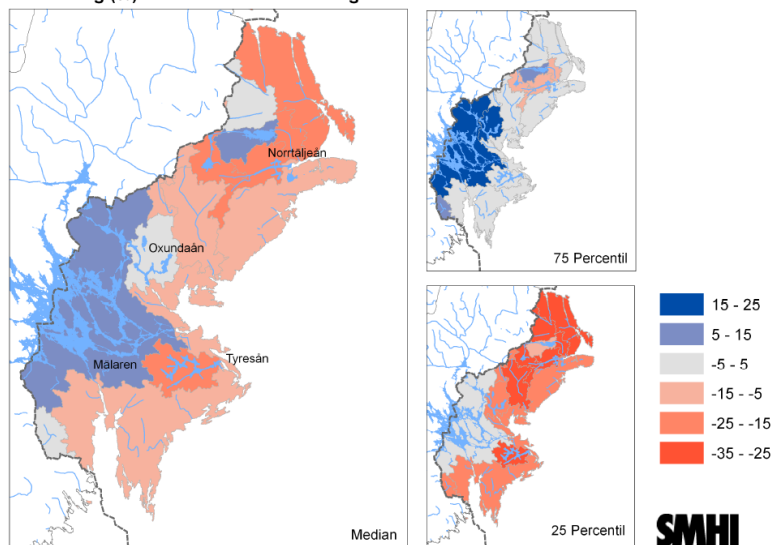


Figur 18. Tillrinningens årsdynamik i Norrtäljeån enligt RCP 4.5 och RCP 8.5..

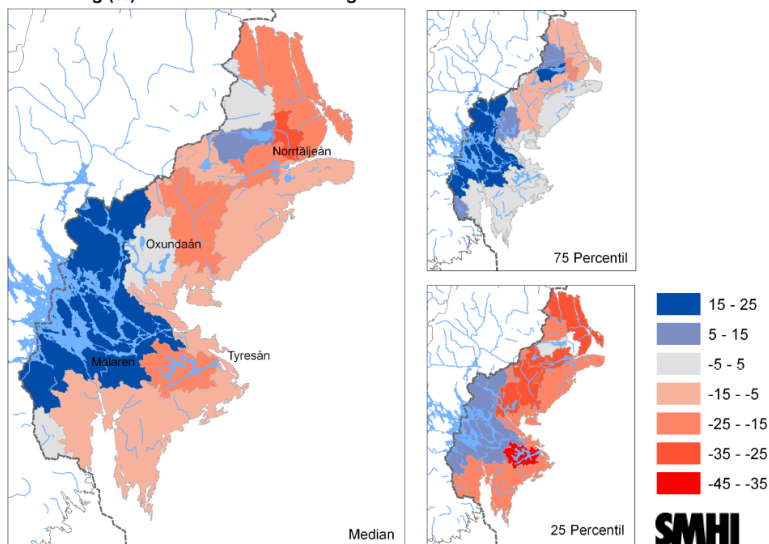
Förändrad lokal 100-årstillrinning

Den lokala medeltillrinningen, tillrinning enbart från aktuellt avrinningsområde, är av betydelse för mindre vattendrag vars flöden enbart beror av lokala förhållanden. Den kan användas för att bedöma risker för översvämning i små vattendrag. Den lokala 100-årstillrinningen beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärde som övriga värden jämförs med. Förändringen uttryckt i procent visas i figur 19 och 20.

Förändring (%) av lokal 100-årstillrinning beräknat för år 2021 - 2050



Förändring (%) av lokal 100-årstillrinning beräknat för år 2069 - 2098

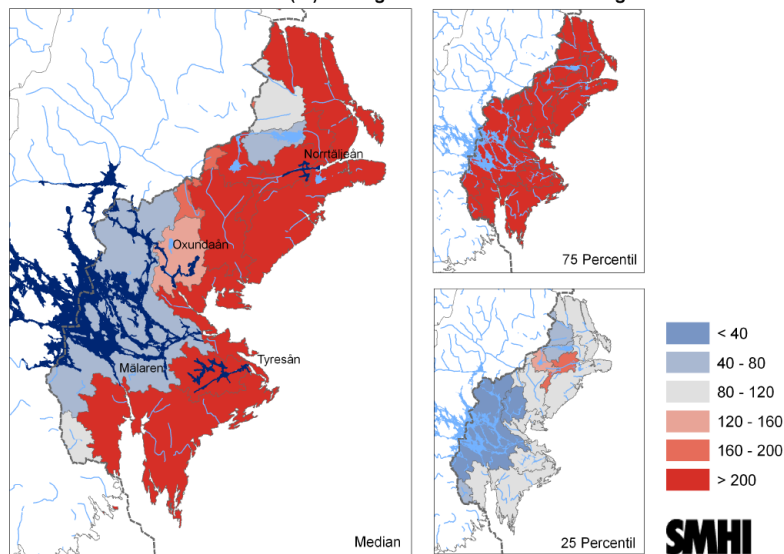


Figur 19 och 20. Förändring av lokal 100-årstillrinning i olika delar av Stockholms län för perioden 2021-2050 respektive 2069-2098 jmf referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärden, den övre högra figuren visar 75:e percentilen och den nedre högra 25:e percentilen av samtliga scenariers 100-åsvärden. I kartan är de översiktligt översvämningskarterade vattendragen särskilt markerade

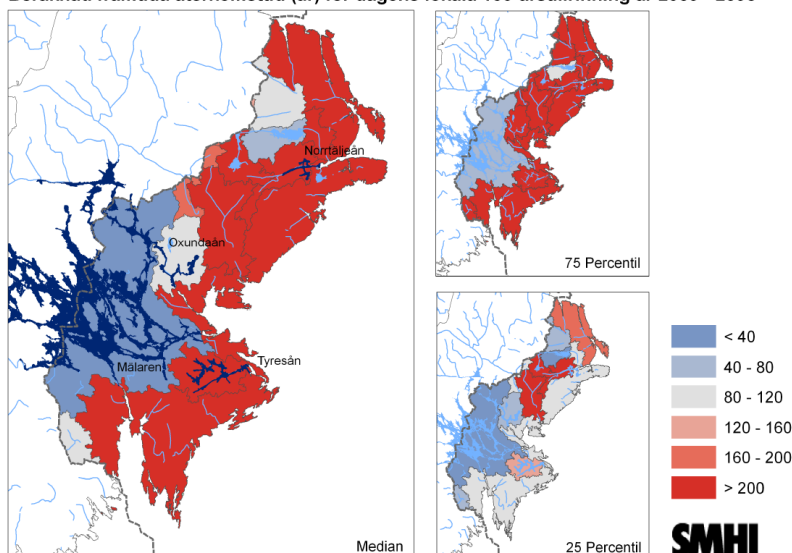
Framtida återkomsttid för dagens lokala 100-årstillrinning

I figur 21 och 22 nedan visas återkomsttider för dagens lokala 100-årstillrinning i framtida klimat. Metoden för beräkning av ny återkomsttid fokuserar på att beskriva förändringen noggrant i områden där klimatscenerierna tyder på att dagens hundraårsflöden återkommer oftare än hundra år. I områden som antyder minskad storlek på extremflöden, dvs. områden där dagens hundraårsflöden förväntas få en längre återkomsttid är resultaten mer översiktliga. För större delen av länet kommer återkomsttiden för lokal tillrinning med storlek som dagens 100-årsflöde att öka, både till mitten och slutet av seklet. I de flesta fall erhålls en återkomsttid på över 200 år i slutet av seklet.

Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens lokala 100-årstillrinning år 2021 - 2050



Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens lokala 100-årstillrinning år 2069 - 2098



Figur 21 och 22. Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens lokala 100-årstillrinning perioden 2021–2050 respektive 2069-2098 jmf referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärden, den övre högra figuren 75:e percentilen och den nedre högra 25:e percentilen av samtliga scenariers framtida återkomsttid. I kartan är de översiktligt översvämningskarterade vattendragen särskilt markerade.

3.2.4 Markfuktighet

Antal dagar per år med låg markfuktighet baseras på referensperiodens medelvärde av varje års lägsta markfuktighet. De senaste tjugo åren har antalet dagar ökat jämfört med 1961-1990. Denna utveckling fortsätter under seklet, särskilt i länets östra delar. Norrtäljeåns avrinningsområde visar på en ökning från 15 dagar i dagens klimat till 30-35 dagar för RCP4.5 och 45-50 för RCP8.5 i slutet av seklet. Detta index är intressant för planering på lång sikt av bevattning, grödval, skogsbrandsriskbedömning och skogsvårdsinsatser.

3.2.5 Havsnivåer

Havsnivån beror av många faktorer. Globalt sett är de viktigaste den termiska expansionen – havets utvidgning vid uppvärmning, samt tillskott av vatten från smältande glaciärer och de stora landisarna på Grönland och Antarktis. Ändrade nederbördsförhållanden på dessa stora isar

har också stor betydelse. Det finns också stora lokala skillnader beroende av ändrade salthaltsförhållanden, ändringar i lokalt vindklimat samt gravitationsfält när de stora isarna smälter samt ras om trycket från de stora isarna minskar. Eftersom de mest extrema vattennivåerna oftast är mest intressanta lokalt så betyder ändrad frekvens, intensitet och riktning hos stormar mycket.

Ännu kvarstår en hel del frågetecken rörande framtidens havsnivåer. Havsytan har globalt stigit i medel drygt 3 mm/år under perioden 1991-2003. Den förändringen syns även i svenska mätningar. Det finns samtidigt områden som stigit mer, eller mindre, bl.a. beroende på variationer i temperatur. Internationella sammanställningar och bedömningar pekar på att en övre gräns för hur mycket havsnivån kan komma att stiga är ungefär 1 m under perioden 1990-2100 sett som ett globalt medelvärde¹⁴.

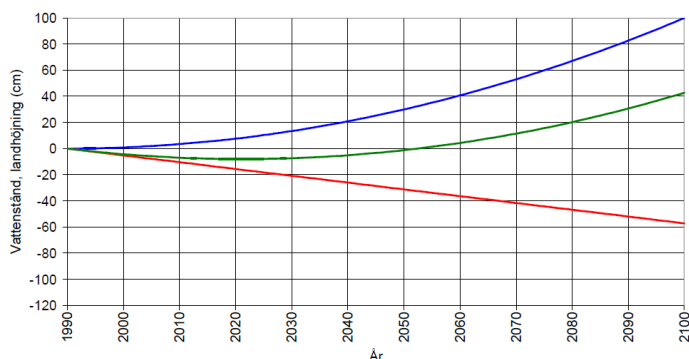
Den mest slående tendensen för årsmedelvärdet på vattenståndet i Stockholm 1774-2009 är att det sjunkit, vilket beror på den absoluta landhöjningen som är 0,52 cm/år i Stockholm. Relationen mellan land- och havsnivåhöjning har ändrat sig från 1900-talet och framåt. En analys av data från år 1886 till idag visar att havsnivåhöjningen har varit ungefär 1,5 mm per år på 1900-talet, totalt ca 20 cm under denna period. Sedan 1980 har höjningen ökat till drygt 3 mm per år. Tabell 3 visar årets beräknade medelvattenstånd 1990 och 2010 för Landsort, Stockholm och Forsmark, tillsammans med den absoluta och apparenta landhöjningen. Med den apparenta avses landhöjning i förhållande till havets medelnivå.

Tabell 3. Medelvattenstånd, absolut och apparent landhöjning i Stockholms län.

	Medelvattenstånd RH2000		Absolut landhöjning	Apparent landhöjning
	1990	2010		
Landsort	17 cm	11 cm	0,43 cm/år	0,29 cm/år
Stockholm	20 cm	13 cm	0,52 cm/år	0,38 cm/år
Forsmark	22 cm	9 cm	0,78 cm/år	0,64 cm/år

Framtida förändring av medelvattenstånd i Stockholms län

Figur 23 visar en teoretisk utveckling av havsnivån, landhöjning och nettoändringen av medelvattenståndet för mätstationerna Landsort, Stockholm och Forsmark 1990-2100. En havsnivåhöjning på +30 cm från 1990-2050 och +1 m från 1990-2100 ligger till grund för beräkningarna. Observera att medelvattenståndet just nu ligger lägre än vid år 1990. Detta stämmer med mätningarna och beror på att landhöjningen hittills går snabbare än höjningen av havet. Då landhöjningen ökar mindre i länets södra del än i den norra kommer Landsort att uppnå 1990 års nivåer först, kring år 2040, medan det för Stockholm och Forsmark inträffar ca år 2050 resp. år 2080.



Figur 23. Havsnivåhöjning (blå), landhöjning (röd) och nettoändring av medelvattenståndet (grön) förutsatt +30 cm global höjning fram till 2050 och +1 m global höjning fram till 2100. Diagrammet gäller för Stockholm.

¹⁴ SMHI, 2010, Regional klimatsammanställning - Stockholms län

Nedan visas resultat från figur 23 för 2100 (+1 m global höjning) beräknat för fem kustområden. Medelvatten beräknas från år 1990-2100 stiga med 30-50 cm från norr till söder i Stockholms län. I tabellen ses även havsnivåhöjningen till år 2100 uttryckt i höjdsystemet RH2000.

Tabell 4. Förändring i medelvattenstånd 1990-2100 i Stockholms län förutsatt den antagna globala havsnivåhöjningen på +1 meter och landhöjning som idag. Alla värden har avrundats till närmaste cm.

Kustområde	Absolut landhöjning	Medelvattenståndshöjning fram till år 2100	Medelvattenståndshöjning fram till år 2100 i RH2000
Globalt medelvärde	0 cm/år	+100 cm	
Landsort	0,43 cm/år	+50 cm	+70
Haninge	0,48 cm/år	+50 cm	+70
Stockholm	0,52 cm/år	+40 cm	+60
Norrtälje	0,59 cm/år	+40 cm	+60
Norra Norrtälje	0,62 cm/år	+30 cm	+50

Framtida förändring av extrema havsvattenstånd i Stockholms län

Det högsta vattenståndet i Stockholm uppmättes januari 1983, 117 cm över medelvatten. De viktigaste faktorerna som skapar variationer i vattenståndet i Östersjön är lufttryck och vindar. Lågtryck och pålandsvind ger högre vattenstånd, högtryck och frånlandsvind ger lägre. Den extrema nivån varar vanligen i några timmar. Hur hög denna nivå blir utifrån en given vädersituation beror även på utgångsläget. Kombination av kraftig vind och högt vattenstånd från början skapar ett extremt vattenstånd. Vågor kan lokalt ge överspolning. Storleken på den beror på lokala förhållanden som strandens lutning etc. Många av länets större orter är skyddade mot vågor genom sin belägenhet vid en vik eller skärgård. En ytterligare faktor som kan ge tillfälligt högre vattenstånd lokalt är vinduppstuvning. Vatten pressas i den ena riktningen på ytan av vinden och strömmar sedan tillbaka i den andra riktningen utmed botten. Både bottendjup och övrig topografi är viktiga för lokala uppstuvningseffekter. I Stockholm är risken för uppstuvningseffekt relativt liten på grund av att bottendjupet är relativt stort från Saltsjön och ut mot öppet hav. Vinduppstuvning och vågöverspolning måste bedömas lokalt på varje plats. I de fall där områden ligger i en vik eller vid öppen kust, där en av dessa processer bedöms vara viktig, bör kommunen ta reda på vilken betydelse dessa faktorer kan ha.

Enligt bedömningar av vinduppstuvning och våghöjder vid Tunafjärden¹⁵ i Österåker förväntas inga stora vinduppstuvningseffekter eftersom fjärden är relativt kort och smal. Med vindar på 20 m/s uppnås mindre än 5 cm uppstuvning. Med vind från SO med en styrka på 15 m/s och varaktighet en timme, för en punkt längst in i fjärden, fås en våghöjd på 0,3 m. Vind från SO med en styrka på 20 m/s och varaktighet en timme ger våghöjder på ca 0,4 m.

Tabell 5 visar extrema vattenstånd med 100 års återkomsttid åren 2010 och 2100. Då landhöjningen går långsammare i länets södra del än i den norra kommer Landsort att nå högre värden snabbast. Av samma anledning kommer alltså Norra Norrtälje som idag har de högsta vattenstånden att få den lägsta höjningen på grund av en större landhöjning.

Tabell 5 Vattenstånd med 100 års återkomsttid i Stockholms län år 2010 och år 2100 i RH2000.

Kustområde	2010	2100
Landsort	110 cm	180 cm
Haninge	115 cm	175 cm
Stockholm	120 cm	175 cm
Norrtälje	120 cm	170 cm
Norra Norrtälje	130 cm	180 cm

¹⁵ SMHI, 2015, *Dimensionerande vattennivåer i Tunafjärden och i nedre delen av Åkers Kanal*

3.2.6 Grundvatten¹⁶

För Sverige i stort sker en ökning av grundvattenbildningen och grundvattennivåer. För större magasin i grus- och sandavlagringar skulle nivåökningen kunna uppgå till någon eller några decimeter. Ett undantag från denna ökning är det redan idag torra sydöstra Sverige där grundvattenbildningen generellt minskar. Nivåändringarna är inte konstanta över året utan följer säsongerna. Vintertid sker en höjning av grundvattennivån för framtida period jämfört med referensperioden, beroende på mildare väder med mer nederbörd som regn än idag. Denna effekt är större i norr än i söder där vintrarna redan är milda i den bemärkelsen temperaturen ofta når ovanför nollstrecket. Under årets varmare period (maj-oktober) sker en sänkning av grundvattennivåerna för framtida period jämfört med referensperioden. Snösmältningen inträffar tidigare på året och perioden då avdunstningen är högre än nederbörden, då lite eller ingen grundvattenbildning sker, blir längre.

3.2.7 Snö¹⁷

Medelvärde på observerat största snödjup under referensperioden 1961-1990 var för Stockholms län ungefär 30-40 cm för samtliga beräknade områden. Resultaten från klimatscenerierna visar att största snömängd kommer att minska för Stockholms län. Medianförändringen av klimatmodelleringarna visar för samtliga studerade områden ca 40 % minskning till mitten av seklet och ca 70 % fram mot slutet av seklet.

3.2.8 Tjäle

En grov simulering av tjäle visar att tjäldjupet är känsligt för en ökning av temperatur. Säsongen för tjäle blir kortare och det största tjäldjupet minskar i södra Sverige.

3.2.9 Vind¹⁸

För Sveriges del kommer det även i framtiden att finnas mer eller mindre stormrika år eller årtionden och detta kommer troligen inte att skilja sig väsentligt från hur det förhåller sig i dagens klimat. Det finns en naturlig variabilitet i systemet och ändringar i frekvens eller intensitet i stormar verkar inte överstiga den. De regionala klimatscenerierna bekräftar den bilden med generellt små ändringar i vindklimat. T.ex. förväntas den maximala byvinden vara lika stor i slutet av seklet som under perioden 1971-2000, oberoende av vilket scenario som används.

¹⁶ SMHI, 2010, *Regional klimatsammanställning - Stockholms län*

¹⁷ SMHI, 2010, *Regional klimatsammanställning - Stockholms län*

¹⁸ SMHI tillsammans med Naturvårdsverket och Energimyndigheten, 2014, *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*

4 Beskrivning av Österåkers kommun



Figur 24. Flygbild Tunafjärden, Österskär och Sätterfjärden (Foto: Österåkers kommuns hemsida).

Österåkers kommunen är en skärgårdskommun nordost om Stockholm med centralorten Åkersberga på knappt 30 km avstånd till Stockholm.

Kommunen är en av landets snabbast växande och dess nuvarande befolkning på ca 42 000 personer ökar stadigt med från 400 personer per år. På sommarhalvåret fördubblas befolkningen genom tillresande turister och fritidsboende.

4.1 Bebyggelse

Österåkers kommuns bebyggelse är framförallt centrerad till huvudorten Åkersberga. Visionen är att Åkersberga ska utvecklas till en modern och levande småstad. En del av detta är den pågående planeringen av bebyggelse i den framtida Kanalstaden. Antalet permanentushåll inom kommunen är 16 446 och antal fritidshushåll är 6 351¹⁹.

Flera bostadsområden byggs inom kommunen och permanentboende ökar i skärgården. Ljusterö är en av skärgårdens största öar med ca 2000 permanentboende under vinterhalvåret och uppskattningsvis drygt 10 000 under sommarhalvåret²⁰. I öns huvudort Mellansjö finns både skola och äldreboende. I huvudsak finns öns bebyggelse längs stränder eller i strandnära områden. Förutom Ljusterö finns Ingmarsö med permanentboende samt ett antal andra öar med fritidsbebyggelse.

4.2 Kommunikation

Roslagsbanan och väg 276 (Roslagsvägen) har varit och är fortfarande de stora kommunikationsaxlarna kring Åkersberga. Roslagsvägen är en starkt trafikerad väg och dess trafik innebär en barriär för de lokalt resande mellan de norra och de södra tätortsdelarna och det drabbar såväl busstrafik som bil- och GC-trafik²¹. Roslagsbanan håller på att rustas upp till en dubbelspårig järnväg och kommer i samband med det få både nya tåg och upprustade stationer. Ljusterös vägnät är sammankopplat med fastlandet med en statlig färjelinje mellan Ljusterö och Östanå.

¹⁹ www.osteraker.se/omosteraker/

²⁰ Österåkers kommun, 2010, *Ljusterö planprogram*

²¹ Tyréns, 2010, *Trafikplan 2010, del 1 trafikplan i Österåkers kommun*

4.3 Hydrologiska förhållanden

Drygt 40 % av kommunens yta består av hav och medräknat alla öar har kommunen en strandlinje på cirka 93 mil. Höjdskillnaden mellan de lägsta nivåerna längs kusten och kommunens högsta punkt är cirka 77 meter.

Kommunen är belägen nedströms omkringliggande kommuner och belastas därmed av avrinnande vatten från dessa kommuner. Det i särklass största bidraget av tillrinning från uppströms liggande kommuner flödar genom Åkerströmmen och passerar Åkers kanal.

4.4 Geologiska och geotekniska förutsättningar

Till följd av både gynnsamma topografiska och geologiska förhållanden finns inga områden där spontana mer omfattande *jord- eller bergras* kan inträffa. Dessa förhållanden påverkas inte av ändrat klimat och höjningar av havsvattenståndet.

Det finns inom kommunen två typområden där det finns risk för *skred* till följd av markförhållanden.

- Området med organisk jord och mycket lös lera i anslutning till större sjöar och vattendrag. Dessa områden är i allmänhet flacka och saknar möjlighet till spontana skred. Skredrisken är kopplad till någon form av exploatering inom området. Inom dessa områden innebär klimatförändringarna inte någon ytterligare ökad skredrisk. Ökade portryck till följd av kraftiga regn balanseras av ökade vattenstånd i intilliggande sjö. Kraftiga regn kan inte heller förväntas ge någon (ökad) erosion som förändrar de topografiska förutsättningarna för skred.
- Kustnära lerområden, t.ex. Svinningeviken och Sätterfjärden. Här gäller i stort vad som framförts ovan angående inlandsområden. En allmän höjning av havsnivån innebär dessutom att stora delar av dessa områden återgår till havet. Skredriskområden flyttas upp till högre belägen mark, där leror normalt har högre hållfasthet och därigenom är mindre skredbenägna.

Det område inom kommunen som har störst risk för spontana, men i ännu högre grad provocerade skred, är området längs med Åkers kanal. Här samverkar dåliga markförhållanden, lösa leror, med ogynnsamma topografiska förhållanden och exploatering nära kanalen, till den stora skredrisken.

Kraftiga och långvariga regn kan förväntas ge större och snabbare variationer i vattenståndet, vilket i kombination med ökat portryck i leran ger en ökad skredrisk. Ökade flöden kan förväntas ge ökad erosion med ogynnsamma geometriska förändringar av kanalens slänter och även därigenom ge ökad risk för skred.

Lägre lågvattenstånd på sommaren ökar även det skredrisken då det försämrar släntstabiliteten. Ett allmänt högre vattenstånd i kanalen är däremot gynnsamt ur skredsnyvinkel.

Kommunen har idag vissa problem med stranderosion på grund vågbildning från passagerartrafik längs Furusundsleden. Stränderna (flacka) domineras av finkorniga friktionsjordar som sand och silt. Ett ökat havsvattenstånd kan innebära både ökade såväl som minskade problem med erosion i dessa områden. Vilket scenario som är aktuellt beror i stor utsträckning på de topografiska förhållandena på platsen. Där branta klippstränder vidtar innanför en smal erosionszon kan erosionen förväntas minska, eller åtminstone inte öka genom att zonen hamnar under vatten och blir mindre utsatt för vågor. Vid flacka sandstränder kan erosionen förväntas öka då erosionszonen blir bredare vid höjt vattenstånd och större amplitud i vattenståndet.

Flacka stränder bestående av i huvudsak lera och organisk jord är inte nämnvärt erosionsbenägna då erosionszonen oftast är vegetationsklädd.

Erosionen på land till följd av kraftiga eller långvariga regn är även den till följd av gynnsamma topografiska och geologiska förhållanden mycket begränsad och torde var knuten till större vattendrag, och då särskilt Åkers kanal. I kanalen kan å andra sidan erosionen förväntas öka med kraftigare flöden, vilket på sikt leder till både förändrad geometri och ökad skredrisk om inte flödet kan regleras på något sätt.

4.5 Åkers kanal

Åkers kanal rinner genom Åkersbergas centrala delar och är totalt 11 km lång. Kanalen är byggd på 1820-talet och förbinder sjön Garnsviken med havet i Tunaviken. Marken kring kanalen består främst av lösa leror. Avrinningsområdet som bidrar till flödet och vattenståndet uppströms slussen i Åkers kanal är 397 km² stort. Det stora avrinningsområdet innebär att kanalen kan utsättas för stora mängder vatten vid längre regnperioder.

Närmast uppströms kanalen ligger sjön Garnsviken som är 217 ha till ytan och har en medelvattennivå på 1,6 m (RH 2000). Garnsviken är av stor betydelse för utjämning av avrinningen inom området och bidrar till att flöden och vattennivåer uppströms slussen blir lägre än de skulle blivit om sjön inte funnits. Vattennivåerna nedströms slussen styrs av flödet och av vattennivåerna i Tunaviken. Vid flöden omkring medelvattenföring och lägre styrs nivåerna i stort sett enbart av havet, medan det för flöden som är upp mot medelhögvattenföring och än högre uppstår en gradient mellan vattennivån närmast nedströms slussen och havet. Gradienten varierar för ett hundraårsflöde mellan 1,4 m höjdskillnad (lågt havsvattenstånd) och 0,35 m (högt havsvattenstånd)²².

²² SMHI, 2015, *Dimensionerande vattennivåer i Tunafjärden och i nedre delen av Åkers Kanal*

5 Konsekvenser av klimatförändringar för bebyggelse och infrastruktur

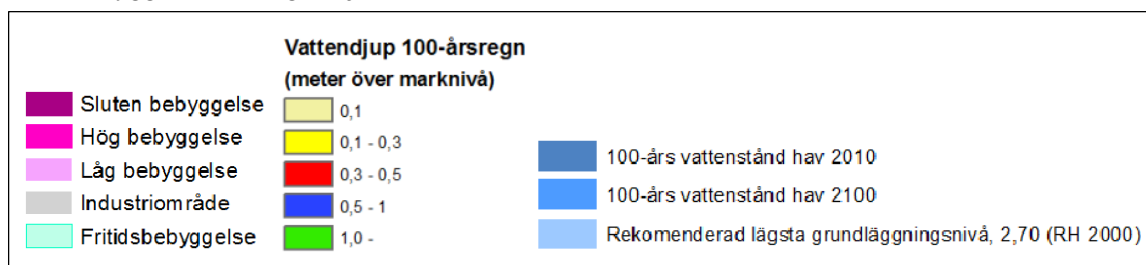
Avsnittet innehåller konsekvensanalyser utifrån de klimatfaktorer som framgår i tabell 6 samt de system som nämns i avgränsningarna i avsnitt 2.2.

Tabell 6. Sammanställning av de klimatfaktorer som är beskrivna i klimatavsnittet (avsnitt 3), samt alla de klimatindex som används i konsekvensanalyserna (avsnitt 5). Några klimatindex från klimatavsnittet har inte använts i analysen.

Beskrivna klimatfaktorer	Använda klimatindex
Temperatur	årsmedeltemperatur, medeltemperatur per årstid, vegetationsperiod, värmeböljor, graddagar för uppvärmning, graddagar för kylning, nollgenomgångar
Nederbörd	årsmedelnederbörd, medelnederbörd per årstid, maximal dygnsnederbörd, extrem korttidsnederbörd
Tillrinning	total och lokal medeltillrinning, lokal 100-årstillrinning
Markfuktighet	ej analyserat
Havsnivå	100-års havsnivå 2010
	100-års havsnivå 2100
Grundvatten	grundvattennivå
Snö	ej analyserat
Tjäle	tjäldjup, tjälsäsongens längd
Vind	kraftiga vindar

I rapporten används skyfall genomgående som beteckning på intensiv nederbörd. I DHI:s skyfallskartering motsvaras skyfall av ett regn med 100-års återkomsttid i dagens klimat. Karteringar längs havet är gjorda utifrån 100-årshavsnivå år 2010, 100-årshavsnivå år 2100 samt den av länsstyrelsen rekommenderade lägsta grundläggningsnivån (+2,70 RH 2000).

De kartor som är inklippta i rapporten i avsnitt 5 och 6 är i förminskat format vilket gör att läsbarheten påverkas. Legenderna som används i kartorna för havsnivå, vattendjup av skyfall och bebyggelse är enligt följande:



Kartor över de extrema havsnivåerna, vägar och befintlig bebyggelse inom Österåkers kommun redovisas i större format i bilaga 1. Skyfallskarterings vattendjup tillsammans befintlig bebyggelse, Roslagsbanan och vägar inom Österåkers kommun redovisas i större format i bilaga 2.

5.1 Konsekvenser för bebyggelse

Bebyggelse kan delas in i fem olika typer – låg bebyggelse, hög bebyggelse, sluten bebyggelse, industrier och fritidshus. Klimatfaktorer som kan påverka bebyggelsen är framför allt höga flöden, stigande havsnivåer, skyfall samt förändringar i markens stabilitet. Konsekvenser som kan uppstå till följd av dessa klimatfaktorer är översvämningar, erosion samt ras och skred. Även långvarig hög temperatur, så kallade värmeböljor, har betydelse.

Inom Österåkers kommun förekommer industriområden samt hög och sluten bebyggelse i stort sätt uteslutande i Åkersbergas centrala delar. Några mindre industriområden ligger strax norr om Åkersbergas centrala delar och det finns även ett litet område i Svinninge sydväst om Åkersberga. Låg bebyggelse är mestadels förekommande i och kring Åkersberga, men ett större område finns även kring Svinninge. Låg bebyggelse förekommer också inom ett par mindre områden längs med kustlinjen mot nordost och på Ljusterö. Fritidsbebyggelse förekommer inom hela kommunen, framförallt i kustnära områden, på både fastlandet och på öarna.

Då bebyggelsen inom kommunen till stor del ligger i kustnära områden kommer klimatfaktorer som har med havsnivåer att vara av betydelse. För att få en bild av vilken bebyggelse som är lokaliserad på ett sätt som gör att den kommer att påverkas av klimatets förändring har illustrationer tagits fram av vilken bebyggelse som påverkas av olika havsnivåer.

5.1.1 Havsnivåer

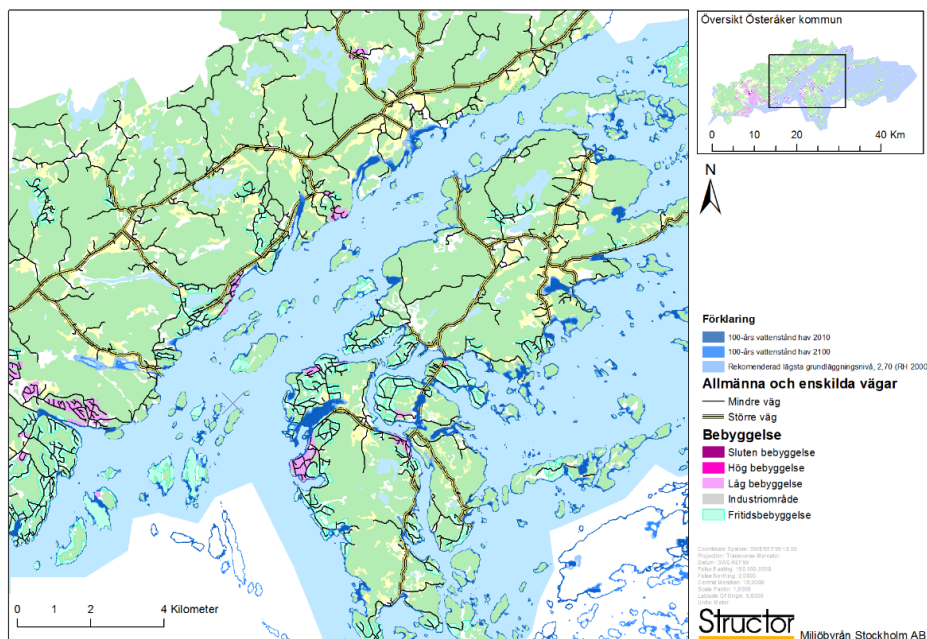
För att beskriva havsnivåers påverkan har ett 100-års vattenstånd år 2010 och ett 100-års vattenstånd år 2100 jämförts med befintlig bebyggelse och pågående planer.

För att ytterligare beskriva riskområden har bebyggelse som ligger under länsstyrelsens lägsta rekommenderade grundläggningsnivå också illustrerats. Länsstyrelsen anser att ny bebyggelse och samhällsfunktioner av betydande vikt längs länets Östersjökust behöver placeras ovanför nivån 2,70 meter, räknat i höjdsystem RH2000²³. Nivån utgör ingen absolut undre gräns, men om ny bebyggelse placeras under denna nivå, anges i rekommendationen att kommunen behöver visa att exploateringen inte blir olämplig²⁴.

Utanför Åkersbergas centrala delar har exempelvis Isättraviken och Edsviken (Ljusterö) identifierats som riskområden för höga havsvattenstånd idag (se figur 25). Detta förhållande kan bli mer påtagligt med en förhöjd havsnivå år 2100.

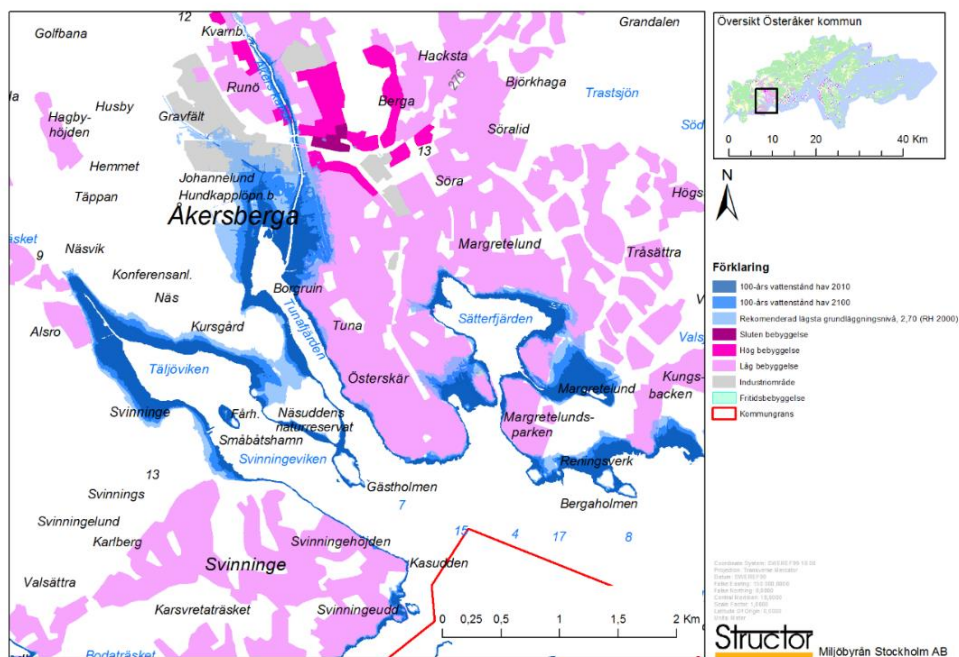
²³ I nivån +2,70 meter (RH2000) ingår 100-årsvattenstånd år 2100 samt osäkerhetsfaktorer som havsnivåhöjning nästkommande sekel, vågor och vinduppstuvning.

²⁴ Länsstyrelsen Stockholm, 2015 *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län - med hänsyn till risken för översvämning*



Figur 25. Havsnivåer, bebyggelse och vägar inom Österåkers kommun. Bilden ger en översikt över de områden som kommer bli drabbade av extrema havsnivåer.

Inom och omkring Åkersberga finns det flera områden som är utsatta för risk med en stigande havsnivå (se figur 26).

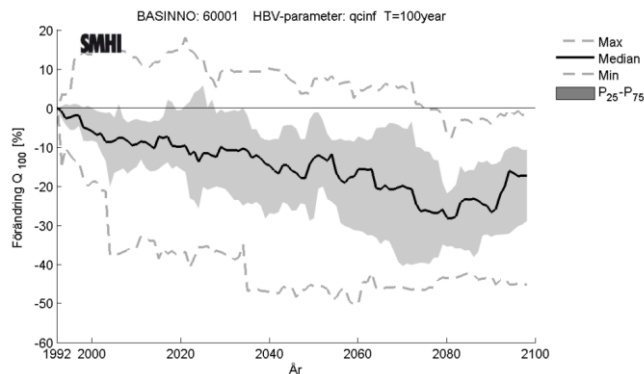


Figur 26. De tre karterade havsnivåerna samt bebyggelse i Åkersberga och Svinninge.

Havsvattenståndet kommer att vara bestämmande för vattennivån i Åkers kanal upp till slussen. Intill kanalen finns både hög och låg bebyggelse samt industriområden som ligger inom riskområdet för både översvämningar och stabilitetsproblem.

5.1.2 Tillrinning och Åkers kanal

Totala medeltillrinningen väntas öka fram till mitten av seklet för att sedan minska igen. Flödesmönstret förändras över året, med en ökning under vinterhalvåret och en minskning under sommaren. De högre tillrinningarna med längre återkomsttid (10- och 100-års återkomsttid), som oftast orsakar översvämningar, kommer att minska inom kommunen (figur 27), vilket innebär att risken för höga flöden och vattennivåer uppströms slussen i Åkers kanal kommer att minska²⁵. Nivån uppströms slussen är i stort sett helt oberoende av havsnivån och styrs istället av det tillrinnande flödet och nivån i Garnsviken.



Figur 27. Förändring i extremflöde (100-års återkomsttid) uppströms slussen Åkers kanal²⁶.

5.1.3 Skyfall

Den maximala dygnsnederbörden samt den extrema korttidsnederbörden kommer att öka med ca 20 % fram till år 2100. Det innebär att låga och instängda områden med bristande avrinning kommer att få ökade problem med lokala översvämningar samt även med ytligt strömmande vatten. Låga områden som ligger inom bebyggd mark, och med stor andel hårdgjorda ytor, kommer att drabbas värst på grund av att vattnet snabbt rinner på ytan till lågpunkterna istället för att fördröjas genom infiltration.

De områden som kommer att bli drabbade vid skyfall med 100-års återkomsttid framgår av genomförd skyfallskartering²⁷. Karteringen är gjord utifrån dagens klimat. I karteringen redovisas vattendjup enligt en indelning i fyra nivåer:

- 0,1 – 0,3 m, körbart med vanligt fordon, möjlighet att vada
- 0,3 – 0,5 m, körbart för brandbil, möjlighet att vada
- 0,5 – 1,0 m, ej körbart för fordon, fara för allmänheten
- > 1,0 m, stor fara för allmänheten

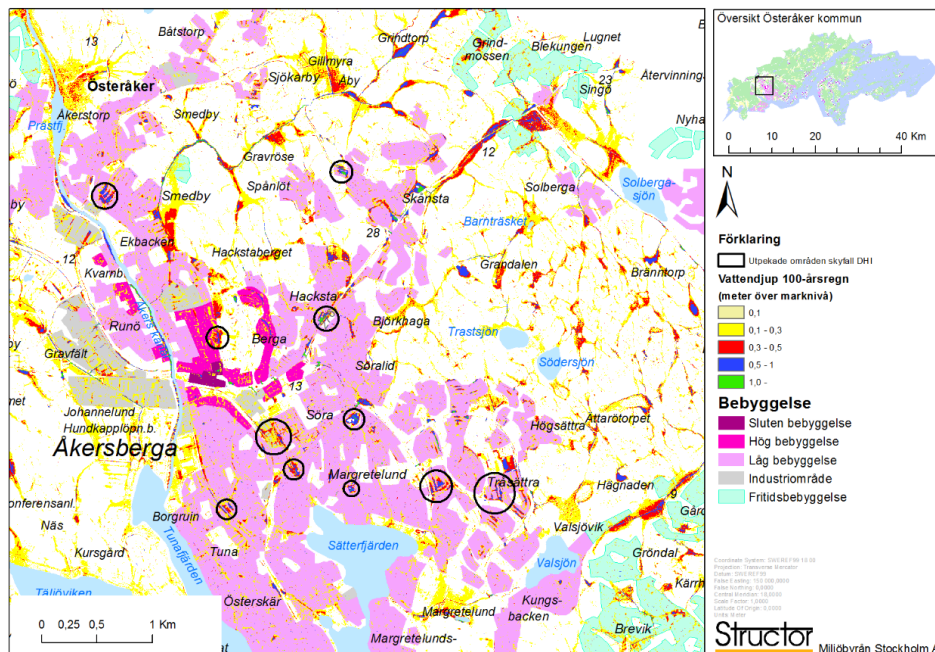
I skyfallskartering²⁸ har DHI pekat ut exempel på 11 områden som kommer att ha över 0,5 m i vattendjup vid ett skyfall, vilka redovisas i figur 28. Av karteringen framgår vattendjup, utbredning och strömningsvägar. Det som däremot inte framgår är varaktigheten på översvämningen, vilket är av betydelse för konsekvensernas omfattning. Vad som riskerar att påverkas är av stor betydelse. Det handlar om konsekvenser för samhällsviktiga funktioner, miljö, liv och hälsa samt ekonomiska konsekvenser för t.ex. bebyggelse. Om bebyggelse skadas kan det dessutom innebära följdkonsekvenser för samhällsviktiga verksamheter i byggnaden.

²⁵ SMHI, 2013, Dimensionerande flöden och vattennivåer vid Sockenvägen över Åkers Kanal

²⁶ SMHI, 2013, Dimensionerande flöden och vattennivåer vid Sockenvägen över Åkers Kanal

²⁷ DHI, 2015, Skyfallskartering Åkersberga

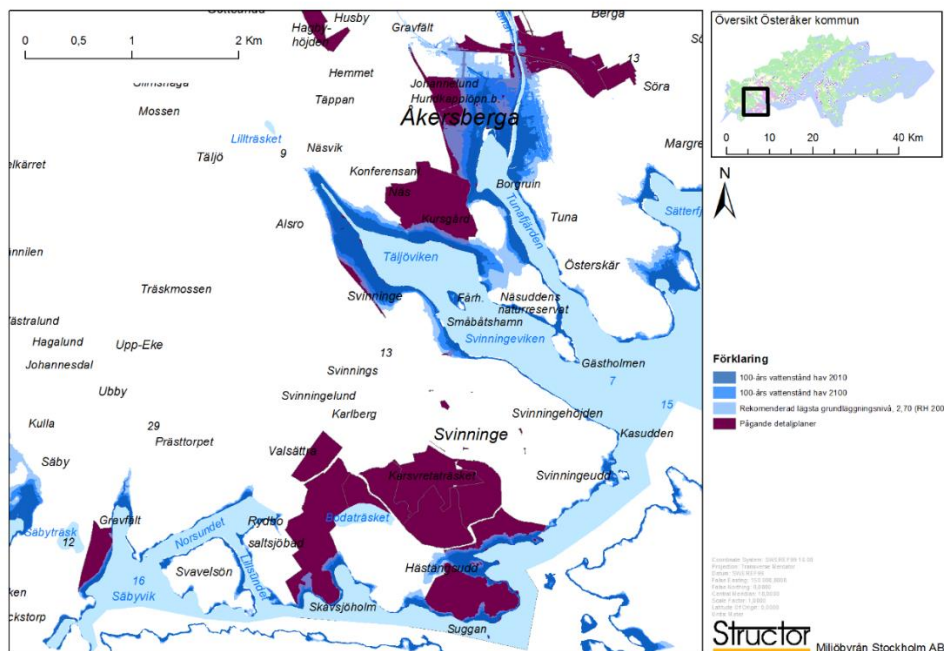
²⁸ DHI, 2015, Skyfallskartering Åkersberga



Figur 28. Resultat från skyfallskarteringen och exempel på 11 utpekade områden inom Åkersberga som kan få ett vattendjup på över 0,5 m.

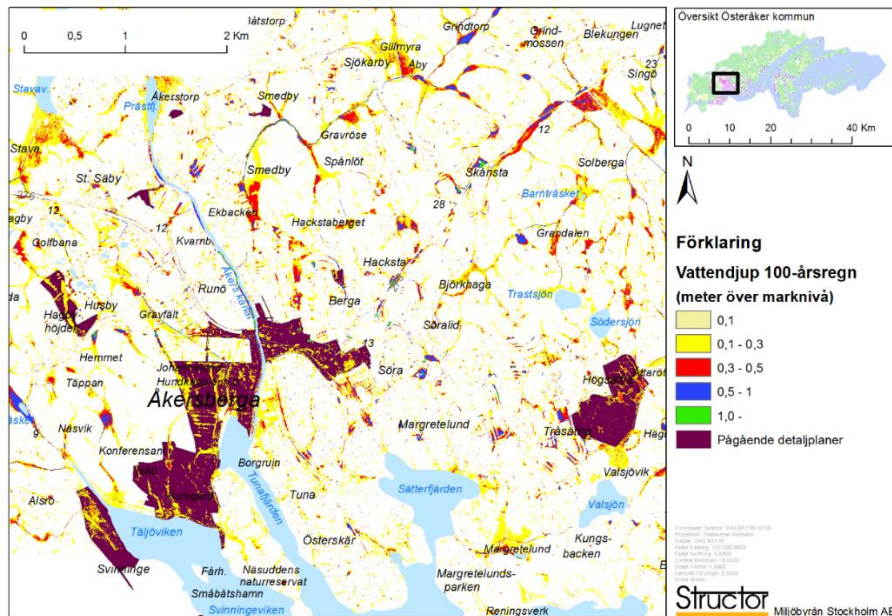
5.1.4 Planerad ny bebyggelse

Nya detaljplaner är under framtagande för områden som ligger inom Åkersbergas centrala delar, sydväst om Åkersberga vid Tunafjärden samt vid Täljöviken. Flera av dessa ligger i riskzonen för att påverkas av höga havsnivåer både idag och i ett framtida klimat. Även de pågående detaljplaner vid Svinninge och Säbyviken ligger i riskområden med tanke på de extrema havsvattenstånden. Markhöjder inom detaljplaneområdena visar att ett 100-årssvattenstånd i havet med dagens klimat medför översvämningar inom området utan en genomtänkt höjdsättning (se figur 29). En stigande havsnivå till år 2100 samt länsstyrelsens rekommenderade lägsta grundläggningsnivå gör att höjdsättning blir ännu viktigare framöver.



Figur 29. De tre karterade havsnivåerna samt pågående detaljplaner i Åkersberga och Svinninge.

Skyfallskarteringen visar att stora delar av detaljplanen nedanför Hagbyhöjden väster om Åkersberga kan bli drabbad av översvämningar vid ett skyfall. Det kan bli upp till 0,5 meter vatten i delar av området. Flera andra detaljplanerna utsätts också för dessa vattendjup (se figur 30). Vattendjupen kan förväntas bli större vid ett skyfall i ett framtida klimat vilket gör att det blir än viktigare att planera för skyfall framöver.



Figur 30. Skyfallskartering samt pågående detaljplaner kring Åkersberga.

5.1.5 Byggnadskonstruktioner

Förutom att klimatförändringar kan påverka bebyggelse i ett större perspektiv kan förändringarna också ha inverkan på enskilda byggnaders konstruktion. Byggnadskonstruktioner kan delas in i tak, grund, ytterväggar, fönster och dörrar, vanligen kallat byggnadens klimatskal. Ett varmare och fuktigare klimat kan komma att påverka dessa konstruktioner på ett sätt som medför att fukt och mögelskador samt slitage kommer att öka. Däremot kommer antalet nollgenomgångar att minska, vilket innebär minskad risk för exempelvis frostsprängningar i fasader.

För att kunna bestämma dessa konstruktioners sårbarhet i ett förändrat klimat behövs information om vanligt förekommande byggmaterial inom kommunens fastigheter vilket inte innefattas av denna analys. Generellt i Sverige gäller exempelvis att träfasader är vanliga för villor och andra småhus medan puts och tegel är ofta förekommande för flerbostadshus.

Årsmedeltemperaturen i Stockholms län kommer att stiga och i slutet av seklet kommer det vara varmare under alla årstider. Även värmeböljorna kommer att öka i antal och varaktighet, vilket gör att kylbehovet för exempelvis vård- och omsorgsboenden kommer att öka. Andra faktorer som påverkar byggnaders kylbehov avsevärt är till exempel byggnadens orientering mot söder, andel glas av fasaden bland annat i förhållande till väderstreck och isoleringsgrad i klimatskalet. Klimatförändringarna kommer även leda till att uppvärmningsbehovet kommer att minska kraftigt. Klimatsceneriet visar på en minskning med ca 1000 graddagar för uppvärmning för länet vid seklets slut.

De översvämningar som nämns ovan om havsvattenstånd, tillrinning och skyfall kan komma att ha inverkan på grundläggningen av byggnader. Det är främst fler och intensivare skyfall samt förändringen i nederbördens årscykel med blötare vintrar och ökad markmättnad i kombination med låg avdunstning som kan leda till skador. Dessa förhållanden kan också bidra till att markens stabilitet försämras genom högre vattenhalt i finkorniga jordar, framför allt leror.

5.2 Konsekvenser för infrastruktur och kommunikation

5.2.1 Vägar

Vid beaktande av vägnätet utifrån klimatpåverkan kan det delas in i fem anläggningstyper: väg, bro, tunnel, färjeläge samt drift och underhåll. Vägar kan i sin tur delas in i olika delar som beläggning, överbyggnad, underbyggnad och trummor. Livslängden på dessa anläggningar varierar mellan 20 och 100 år.

Vägnätet påverkas framförallt av klimatfaktorerna nederbörd, höga flöden, havsnivåer och temperatur. Vägkonstruktioner är framförallt känsliga mot vattenrelaterade klimatfaktorer, men även i viss utsträckning temperaturrelaterade som nollgenomgångar.

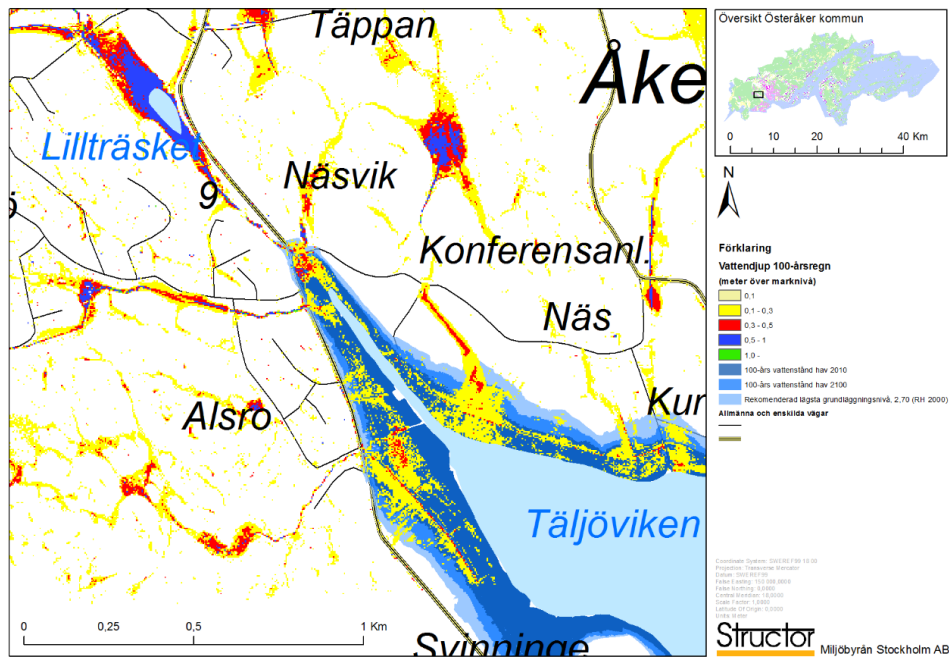
Generellt innebär mer nederbörd och höga flöden risk för översvämningar, bortspolning av vägar och vägbankar, skadade broar samt ökad risk för erosion, ras eller skred. Vägtrummor som är dimensionerade utan hänsyn till klimatförändringar kan vara underdimensionerade, vilket gör att de kommer att gå fulla både vid långvarig nederbörd och skyfall. Den största risken för skador finns vid viadukter och trummor där ras av slänter, bortspolning och igensättning kan orsaka ökade problem. Mer och intensivare nederbörd samt högre temperaturer med mindre tjäle kan resultera i en höjning av grundvattennivån. En ökad temperatur kan även innebära färre tjälrelaterade skador på vägarna.

Väg 276 (Roslagsvägen) är en starkt trafikerad väg som kommer in i Österåkers kommun från sydost och passerar genom Åkersberga för att sedan försätta mot nordost ut ur kommunen. Dess trafikbelastning innebär en barriär för de lokalt resande mellan de norra och de södra tätortsdelarna vilket drabbar såväl busstrafik som bil- och GC-trafik²⁹. Roslagsvägen passerar genom Åkersberga i en drygt 200 m lång tunnel efter att vägen passerat över Åkers kanal. Vid Åkers kanal ligger underkanten av vägbanan på nivån + 2,70, vilket är i nivå med länsstyrelsens rekommendationer för bebyggelse och infrastruktur längs havet. Övriga vägar inom kommunen är av mindre storlek och betydelse.

Det finns två stycken färjelägen för bilfärja inom kommunen, Östanå och Ljusterö, som kopplar samman vägnätet på Ljusterö med fastlandets vägnät. Dessa färjelägen ligger på nivåer som kan innebära problem vid en extrem havsnivå. Framförallt färjeläget på fastlandet kan komma att få ytterligare problem vid 100-årshavsnivån år 2100.

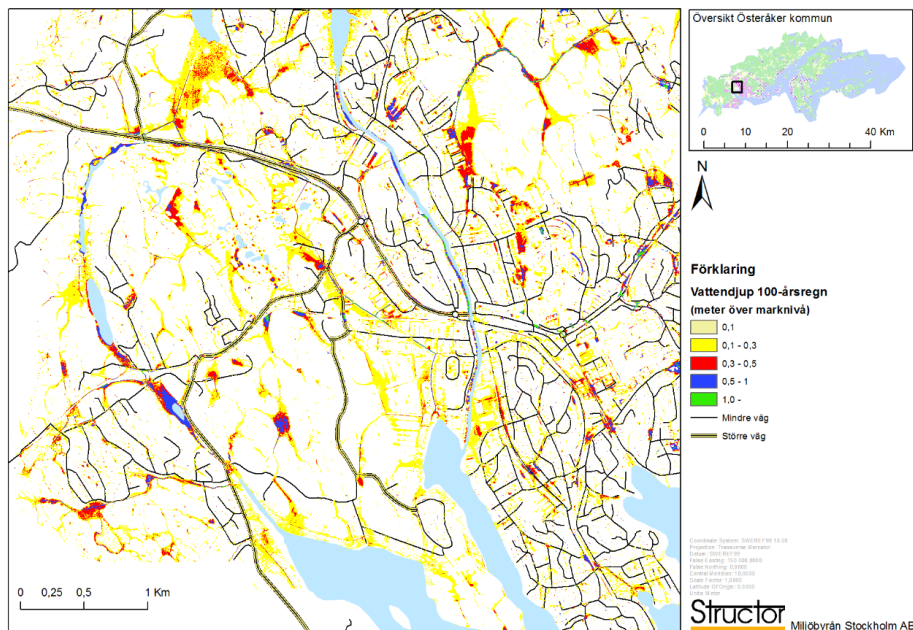
Den totala medeltillrinningen kommer att öka fram till år 2040 inom kommunen och denna ökning kommer att vara störst på vintern. Även om tillrinningen sedan kommer att minska, sett över hela året, fram till år 2100 kan fler och intensivare skyfall innebära en större risk för skador på vägar anlagda i områden känsliga för erosion. Ett exempel på ett område där det förekommer risk både med avseende på stabilitet, havsnivå och skyfall är väster om Täljöviken, se figur 31.

²⁹ Tyréns, 2010, *Trafikplan 2010, del 1 trafikplan i Österåkers kommun*



Figur 31. Skyfallskarteringen, de tre karterade havsnivåerna samt vägnätet intill Täljöviken.

Avseende skyfall bedöms tunneln genom Åkerberga vara känslig med avseende på att vatten kan rinna ner i tunneln och bli stående. Det finns även andra punkter längs med Roslagsvägen som bedöms vara känsliga mot översvämningar till följd av skyfall, se figur 32.



Figur 32. Skyfallskartering och vägnätet kring Åkersberga.

Antalet nollgenomgångar förväntas minska inom kommunen vilket leder till mindre isbildning och mindre behov av halkbekämpning samt mindre risk för olyckor. Det kan också medföra en positiv effekt på betongkonstruktioners (broar och vägtrummor) hållbarhetstid liksom slitage av beläggning på grund av minskad förekomst av tjäle, då antal upprepade fryscyklar minskar.

5.2.2 Järnväg

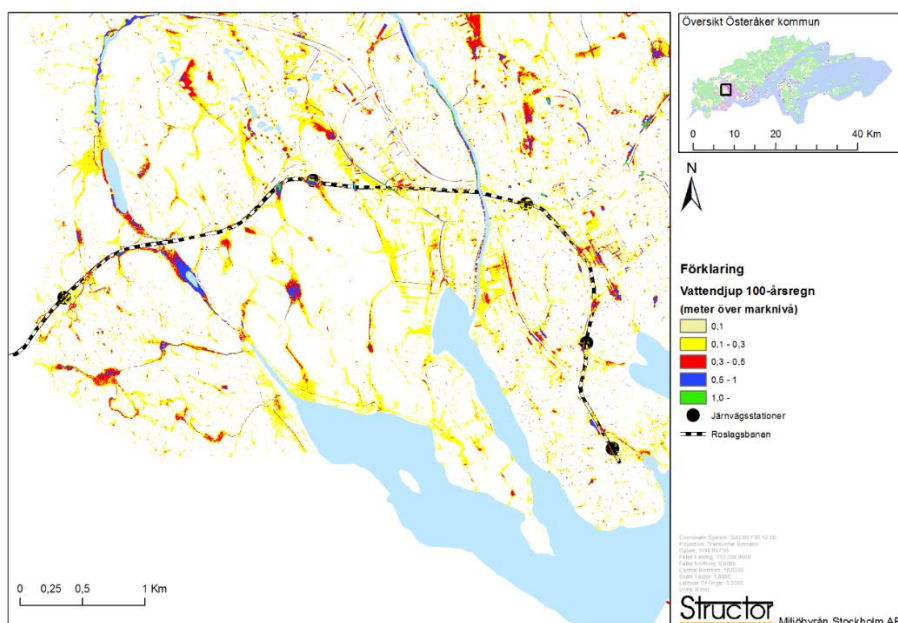
Järnväg som system består dels av järnvägsspår uppbyggda av spår, ballast, banunderbyggnad, undergrund, växlar, avvattningsanläggningar, broar, stödmurar, tunnlar och trummor. Och dels består systemet av det som krävs för drift av järnvägsnätet, bland annat kontaktledning, kraftmatning, signalsystem och kablar med gravar. Järnvägsnätets beståndsdelar varierar i livslängd mellan 20 och 100 år.

Generellt är järnvägsnät känsliga mot klimatfaktorer med kraftig intensitet och då främst faktorer som är kopplade till vatten. Det gäller framförallt skyfall, höga flöden, långvarig nederbörd och större snömängder. Dessa faktorer kan leda till översvämningar och genomspolning av bankonstruktion som ger risk för underminering, ras och skred. Extra känsliga delar är brostöd och anslutande bankar.

Av klimatfaktorer med lägre intensitet kan ökad medelnederbörd på vintern tillsammans med ökad temperatur göra att marken i större utsträckning blir otjälad. Detta kan i sin tur bidra till ökad risk för stormfällning i samband med vind (även om vindhastigheten i sig inte kommer att öka). Järnvägar är också känsliga mot höga temperaturer som kan innebära ökad risk för solkurvor av rälsen.

Järnvägsnätet inom Österåker består endast av Roslagsbanan. Den utgörs idag av enkelspårig järnväg som kommer in från sydost i kommunen och har sin slutsstation i Österskär som ligger strax söder om de centrala delarna av Åkersberga. Banan håller på att rustas upp med dubbelspår, nya tåg samt nya och upprustade stationer. Den totala sträckan inom kommunen är ca 12 km och totalt finns fem stationer: Täljö, Åkers Runö, Åkersberga, Tunagården och Österskär.

Roslagsbanan bedöms inte ligga i riskzonen för att översvämmas vid en 100-årsnivå i havet år 2100. Flera punkter längs Roslagsbanan ligger däremot inom riskområden för att påverkas av skyfall, se figur 33. Antalet nollgenomgångar förväntas minska inom kommunen, vilket leder till minskat underhållsbehov för axlar och mindre nedisning av kontaktledningar. Ökad temperatur och längre vegetationsperiod kan leda till ökad vegetation samt problem med rotutveckling i dräneringssystem vilket kan bidra till att dräneringen av banvallen minskar i kapacitet. Kapacitetsminskningen i kombination med fler och intensivare skyfall kan medföra översvämningssproblem och minskad stabilitet.



Figur 33. Skyfallskarteringen samt Roslagsbanan med stationer.

5.2.3 Hamnar och sjöfart

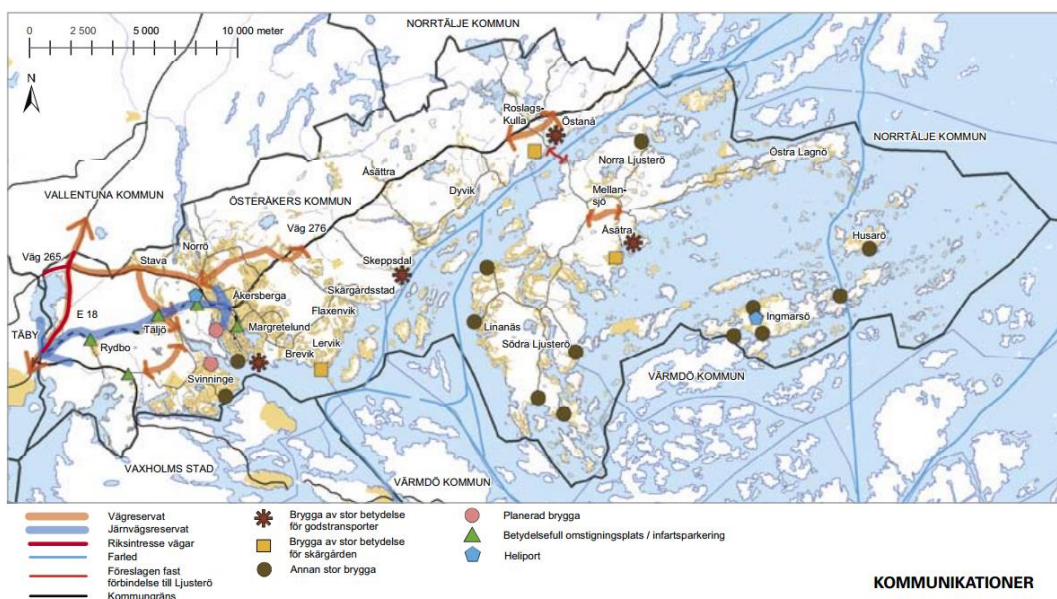
Hamnar kan vara både färjelägen, industrihamnar och marinor för fritidsbåtar, och innehåller bland annat bryggor och kajer. Höga och låga vattenstånd påverkar hamnarnas tillgänglighet och slitaget på kajer och bryggor. Förutsättningarna för sjöfart påverkas av isens utbredning, tjocklek och varaktighet, samt av starka vindar.

Österåkers kommun är med sitt läge en båtkommun, med både många fritidsbåtar och bruksbåtar för permanentboende i skärgården. Hamnarna har därmed stort värde för rekreation och som infrastruktur för fastboende på öarna. Bland annat finns en av Sveriges största båtklubbar i Åkersberga. Mellan fastlandet och Ljusterö finns en av Sveriges mest betydelsefulla farleder, Furusundaleden, som trafikeras av bl.a. passagerarfartyg till Finland. Ljusterö sammankopplas med fastlandet med en statlig färjelinje som korsar denna farled mellan Ljusterö och Östanå. Det finns många privata och allmänna småhamnar i kommunen. Bland annat har kommunen ca 500 båtplatser i Åkers kanal. Åkers kanal är ett 11 km långt delvis naturligt och delvis anlagt vattendrag med sluss som byggdes på 1820-talet och kanalen förbinder sjön Garnsviken med havet i Tunaviken.

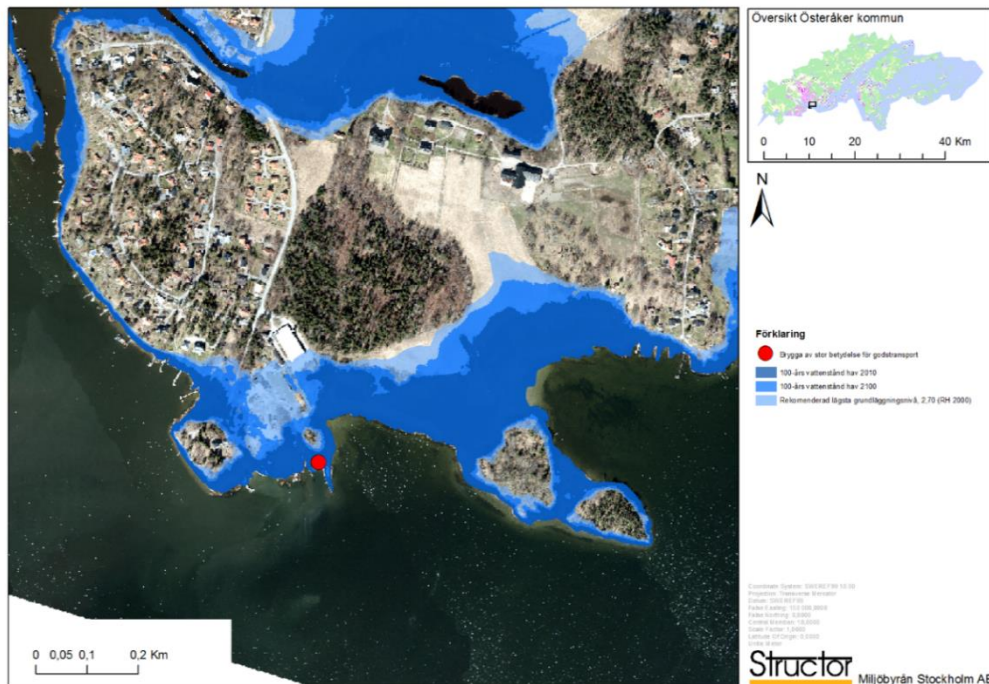
Vissa av de hamnar som pekas ut som prioriterade i ÖP 2006 (se figur 34) ligger lågt och är därmed känsliga för höga vattenstånd. Till exempel ligger bryggan vid Margretelund/Ålskärsfladen lågt redan i förhållande till dagens 100-årsvattenstånd, se figur 35. Hamnen vid Svinninge marina kan även den översvämmas redan vid dagens 100-årsvattenstånd och samma gäller för den planerade hamnen vid Båthamnsvägen i Åkersberga.

Ett succesivt ökande havsvattenstånd som kompenserar för landhöjningen kan i viss mån vara positivt för fritidsbåtar då de ofta trafikerar grunda vatten vid bryggor och hamnar. Enligt klimatmodellerna kommer inte de kraftiga vindarna att öka i framtiden och därmed inte heller risken för ökade påfrestningar på hamnanläggningar av vind.

Sjöfarten påverkas inte i någon större utsträckning negativt av klimatförändringar. En minskad förekomst av havsis, både vad gäller säsong och utbredning, är i stället positiv för sjöfarten.



Figur 34. Prioriterade hamnar från ÖP 2006.



Figur 35. De tre karterade havsnivåerna samt bryggeri av stor betydelse för godstransporter, Margretelund/Alskärsliden.

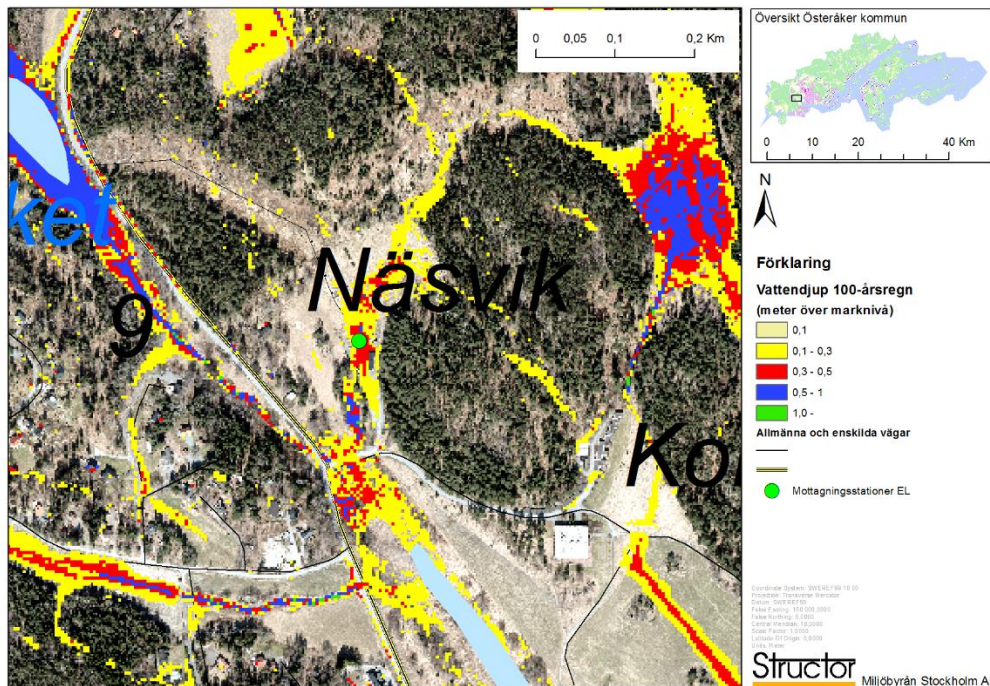
5.2.4 El, tele och IT

Eldistribution

Elnätet kan grovt sammanfattas som luft- och markledningar, transformator- och kopplingsstationer samt kraftverk som producerar el. Elnätet inom Österåkers kommun är väl utbredd, både på fastlandet och öarna. En regional 70 kV-kraftledning går genom kommunen söder och öster om väg 276 från Rosenkälla och norrut förbi Roslags-Kulla. Det finns två mottagningsstationer, en i Sjökarby och en i Täljö, som det lokala nätet utgår från.

En generell bedömning är att ökad stormfällning på grund av förändrat skogstillstånd, minskad tjäle och ökad nederbörd kommer att fortsätta påverka elnäten negativt, trots den omfattande markförläggningen av kablar som pågår. Ett varmare och fuktigare klimat kan även ge en ökad risk för rostangrepp och röta, vilket medför kortare livslängd för ledningsstolpar.

De två större mottagningsstationerna är inte lokaliserade på platser som bedöms vara utsatta för översvämningsrisk vid en framtida förhöjd vattennivå. Enligt skyfallskarteringen ligger dock en av stationerna inom ett riskområde för översvämnning med ett vattendjup på över 0,5 m vid ett skyfall (se figur 36). Den andra av de två större stationerna ligger inom riskzonen för att översvämmas med ett vattendjup på 0,3 m. Ett större antal mindre transformatorstationer finns inom kommunen och vissa av dem ligger på nivåer som kan innebära problem vid en framtida höjd havsnivå.



Figur 36. Skyfallskarteringen för mottagningsstation på lägre spänningsnivå (lokalsät) intill Täljöviken visar på vattendjup över 0,5 m.

Tele och IT

Tele- och IT-systemen består bland annat av stationer, växlar, master och ledningsnät. Ledningsnäten består dels av kopparledningar i mark och i luft, och dels av optisk fiber förlagd i mark. Österåkers Stadsnät AB (ÖSAB) är ett bolag ägt av Österåkers Kommun, som bygger, äger och driver fibernät i Österåkers Kommun. Kommunens ambition är att knyta ihop hela kommunen i ett nät till nytta för både det offentliga, medborgarna och näringslivet. Nätet täcker idag stora delar av kommunen och 5-10 större redundanta förbindningspunkter finns. Detta är bland annat viktigt på grund av att samhällsviktiga verksamheter, som till exempel Alceahuset, är beroende av ett välfungerande nät.

Stationer och växlar kan vara känsliga för översvämningar orsakade av nederbörd, höga flöden eller höga vattenstånd. Telekommunikationer och IT är elberoende, och påverkas därför indirekt av störningar i elförsörjningen. Luftledningar och master är känsliga på samma sätt som beskrivs för elnätets luftledningar ovan och nya ledningarna grävs i stor utsträckning ned.

Mindre avsnitt av ledningarna i Åkersberga ligger under lägsta rekommenderade grundläggningsnivå. Ledningarna skadas normalt inte av en översvämning, men eventuella förbindelsepunkter och stationer kan vara känsliga. I området öster om kanalens mynning och kring Sätterfjärden finns ledningar lokaliserade under 100-årsvattenståndet år 2100. På Ljusterö kan en förbindelsepunkt ligga under 100-årsvattenståndet år 2100. Kraftiga vindar kommer att förekomma även i framtiden, men forskningen visar inte idag på några större förändringar av vindklimatet. Dock kan både tjäldjupet och tjälsäsongen minska, vilket i kombination med ett förändrat skogsbestånd, ökar risken för stormfällning. Detta kan indirekt innebära konsekvenser för master och luftledningar.

5.2.5 Fjärrvärme



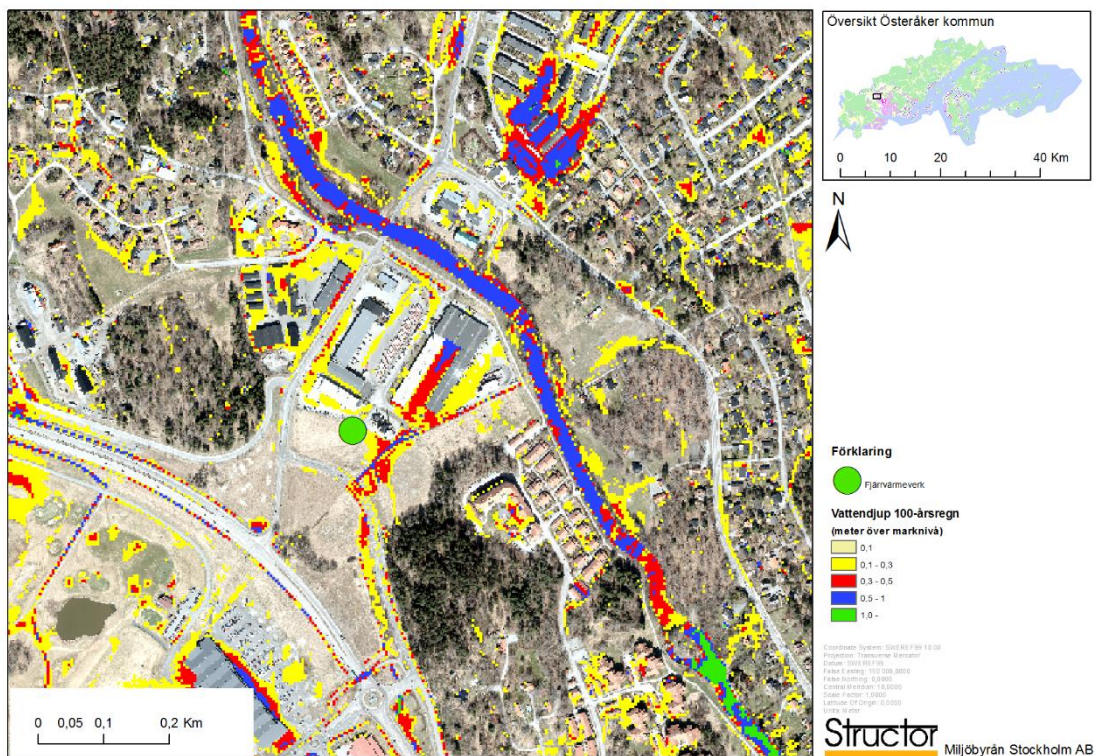
Figur 37. Sandkilsverket.

Ett fjärrvärmesystem består både av produktionsanläggningar och distributionsledningar. Fjärrvärmenätet är utbyggt i Österåkers centrala delar samt norr och väster om Åkersberga. År 2015 togs det nya biobränsleeldade Sandkilsverket (figur 37) i drift av EON. I princip produceras all fjärrvärme inom Österåker nu från förnybar energi. Den nya anläggningen ersätter fyra äldre anläggningar och har dessutom en större kapacitet som kommer att täcka Österåkers behov under många år framöver.

Anläggningar och nät kan vara känsliga för översvämningar och markförskjutningar. Översvämningar kan orsakas av ökad nederbörd, höga flöden i vattendrag och höga vattenstånd i sjöar och hav. Markförskjutningar kan även bero på höjda grundvattennivåer. Dessa faktorer kan skada fjärrvärmenäten och näten behöver därför anpassas successivt till klimatets förändringar.

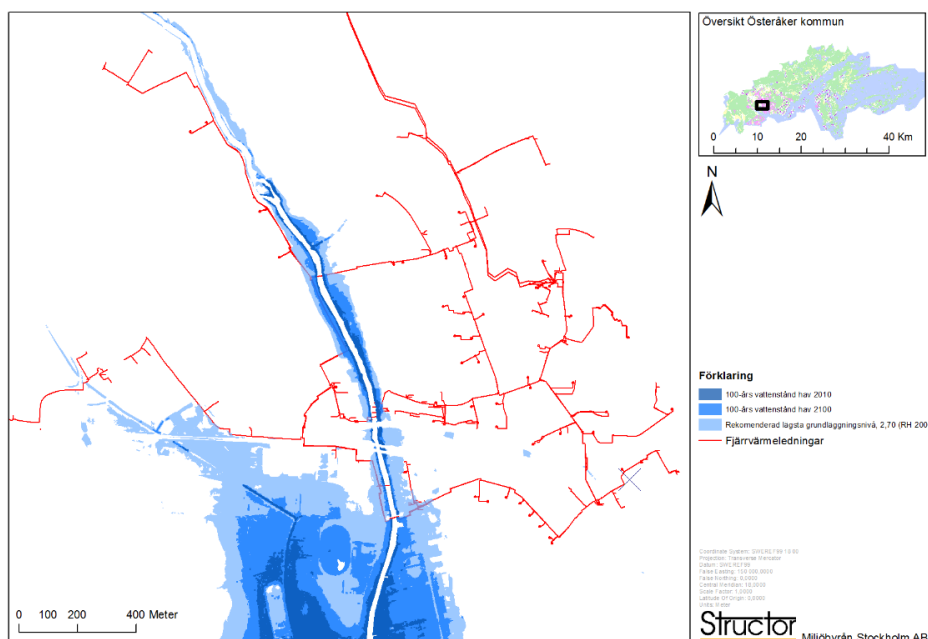
Uppvärmningsbehovet minskar avsevärt till slutet av seklet, medan kylbehovet växer med ökande sommartemperaturer och värmeböljor. Trots detta kommer uppvärmningsbehovet även fortsättningsvis att vara väsentligt större än kylbehovet.

Sandkilsverket är inte exponerat för höga vattenstånd i havet. Enligt skyfallskarteringen riskerar dock marken direkt söder, öster och nordost om Sandkilsverkets tomt att översvämmas med 0,2-0,5 m djupt vatten vid ett skyfall, se figur 38.



Figur 38. Skyfallskarteringen för området kring Sandkilsverket visar på vattendjup upp mot 0,5 m.

En del av fjärrvärmeledningen utmed Åkers kanal ligger under 100-årshavsnivån år 2100, och ytterligare delar av ledningen utmed kanalen ligger under lägsta rekommenderade grundläggningsnivå. Stabilitetsförutsättningarna är inte tillfredsställande i vissa delar av fjärrvärmeledningens förläggning i dagens klimat. Dessa förutsättningar försämras ytterligare vid höjda framtida havsnivåer, se figur 39.



Figur 39. De tre karterade havsnivåerna samt fjärrvärmenätet inom Åkersberga.

Generellt förväntas grundvattenbildningen öka något i framtiden under vintern på grund av ökad nederbörd. Under sommaren förväntas den bli något lägre. Detta kan påverka markstabiliteten eftersom marken är känslig för förändrade grundvattennivåer.

5.2.6 Dricksvatten

Ett system för dricksvattenförsörjning består av en vattentäkt (grund- eller ytvatten) med tillrinningsområde, vattenverk, ledningsnät, tryckstegringsstationer samt vattenreservoarer.



Figur 40. Görvålverket i Järfälla försörjer bland annat Österåkers kommun med dricksvatten från Mälaren.

Österåkersvatten (en del av Roslagsvatten) är ansvarigt bolag för dricksvattnet i Österåker och köper dricksvatten från Norrvatten. Norrvatten är ett kommunalförbund bestående av 14 kommuner norr om Stockholm. Vattnet kommer från Mälaren och renas i Görvålverket i Järfälla, se figur 40. Mälaren är idag vattentäkt för cirka två miljoner människor och har ett mycket stort tillrinningsområde, cirka 226 kvadratmil eller en tjugondel av Sveriges yta. Östra Mälaren har fått ett utökat vattenskydd och är sedan hösten 2008 vattenskyddsområde. Huvuddelen av tillflödet till Mälaren sker däremot i väster och norr, och det är viktigt att i framtiden även skydda tillrinningsområdena. Dricksvattnet distribueras till kommunerna via ett huvudledningsnät som är ungefär 26 mil långt, och består av ledningar i stål och betong³⁰. De flesta kommunerna får vatten genom flera ledningar för att minska risken för avbrott i försörjningen.

Huvuddelen av den tätare bebyggelsen i Åkersberga, framförallt öster om Åkers kanal, ingår i verksamhetsområdet för kommunalt vatten, liksom ett flertal områden väster om kanalen. Vattenledningen sträcker sig också utanför det centrala verksamhetsområdet. Inom kommunen finns också stora områden, både på fastlandet och i skärgården, med både permanentboende och fritidshusbebyggelse som är beroende av enskilda vattentäkter. Det finns även ett antal större enskilda vattentäkter där bostadsområden eller konferensverksamhet har större grundvattenuttag.

Generellt är dricksvattenförsörjningen känslig för ökad nederbörd, ökad vattentemperatur, översvämningar, ras och skred. Kvaliteten på råvattnet kommer sannolikt att försämrats av ett varmare och blötare klimat. Bland annat kan ökade humushalter, algbloomning, förorening av mikroorganismer och ökade risker för föroreningar från deponier försvåra situationen. Även den ökade risken för översvämningar, ras och skred kan medföra skador på ledningsnät med avbrott som följd, men kan också medföra ökad bräddning av avloppssystem. Stigande havsnivåer och ändrade grundvattenförhållanden ökar risken för saltvatteninträngning i enskilda brunnar.

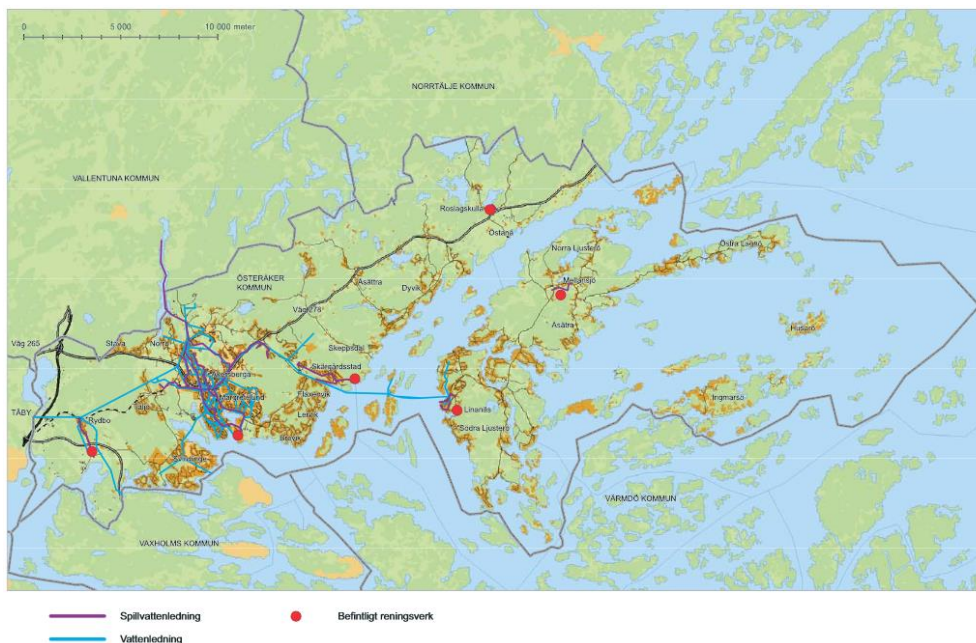
³⁰ Norrvatten ansvarar för huvudledningsnätet. Kommunen ansvarar för det lokala vattenledningsnätet fram till fastighetens anslutningspunkt, och därefter är fastighetsägaren ansvarig.

En ny reglering av Mälaren i samband med ombyggnaden av slussen i Stockholm beräknas tas i bruk kring år 2026. Ett av syftena med den nya regleringen är att minska risken för översvämningar och därmed skydda Mälaren som dricksvattentäkt. Med dagens reglering överskrids de högsta målnivåerna vid en 100-årsnivå och vid högsta högvatten. Sannolikheten för att en 100-årsnivå ska inträffa under de ca 10 år som återstår till slussens ombyggnad är 10 %. Med den nya regleringen överskrids inte målnivåerna av 1000-årsnivån. Även den yta som översvämmas av 10 000-årsnivån kommer att reduceras betydligt. Därmed skyddas dricksvattenförsörjningen inom stora delar av mälardalsregionen, bland annat Österåker, från de risker som läckage eller utsläpp av föroreningar, smittoämnen m.m. innebär för vattentäkten. Risken för försämrad vattenkvalitet vid låga nivåer i Mälaren minskar också. Genom att avtappningskanalerna och luckorna i Söderström anpassas i förhållande till höjda havsnivåer inom anläggningens livslängd reduceras risken för saltvatteninträngning från Saltsjön till Mälaren.

Inom Österåker ligger ledningsnätet vid Åkers kanal och vid områden kring Sätterfjärden inom både översvämningsutsatta områden och områden med bristande stabilitetsförutsättningar. De högre havsnivåerna under andra halva av seklet i kombination med lägre grundvattennivåer under sommaren kan öka risken för saltvatteninträngning i kustnära brunnar, ett problem som är aktuellt redan idag inom Österåkers kommun. Enligt länsstyrelsens rapport föreligger risk för saltvatteninträngning på norra delen av Ljusterö, Svavelsö, Svinninge³¹. Någon noggrannare analys av enskilda brunnar har inte gjorts inom ramen för denna utredning.

5.2.7 Dagvatten- och avloppssystem

Avloppssystem är kombinerade alternativt separata beroende på hur spill-, dag- och dränvatten tas omhand. Dagvattensystem kan vara både slutna och öppna. Avloppssystemens viktigaste delar är reningsverk, ledningsnät, bräddavlopp och pumpstationer.



Figur 41. Ledningsnät inom Österåkers kommun.

Omhändertagande av spillvatten i Österåker sker i ett kommunalt huvudreningsverk i Margretelund med en belastning på ca 30 000 personequivaler. Utöver det finns det även sex småskaliga kommunala anläggningar i andra delar av kommunen, vilka betjänar ett mindre antal

³¹ Länsstyrelsen Stockholm, 2004, *Salt grundvatten – i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden*

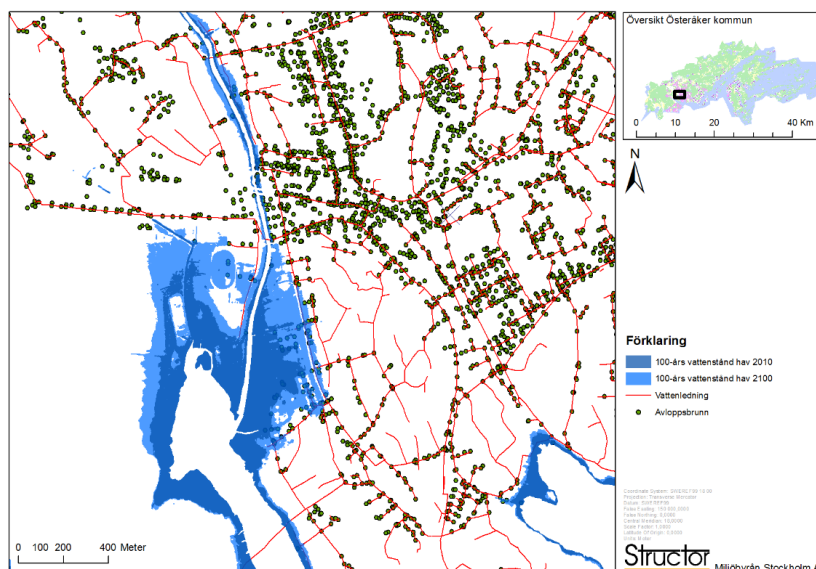
fastigheter i respektive samhälle. Spillvatten från centrala Åkersberga pumpas via ledningar till Margretelunds reningsverk. Margretelund har dock kapacitetsproblem och det finns ett behov av att minska mängden tillskottsvatten. Reningsverket behöver utökad kapacitet för att möta en ökad befolkning och kommer därför att omvandlas till en pumpstation och avloppsvattnet kommer att pumpas till Käppalaverket på Lidingö. Kommunen har även omkring 5 500 enskilda avlopp där merparten är anlagda från 70-talet och fram till idag. Figur 41 visar spillvattenledningar, dricksvattenledningar samt reningsverk i Österåkers kommun.

Verksamhetsområde för dagvatten inrättas i regel inte då verksamhetsområde för vatten- och avlopp inrättas. Inom kommunen finns verksamhetsområde för dagvatten i de centrala delarna av Åkersberga samt i en liten del av Skärgårdsstad och Rydbo.

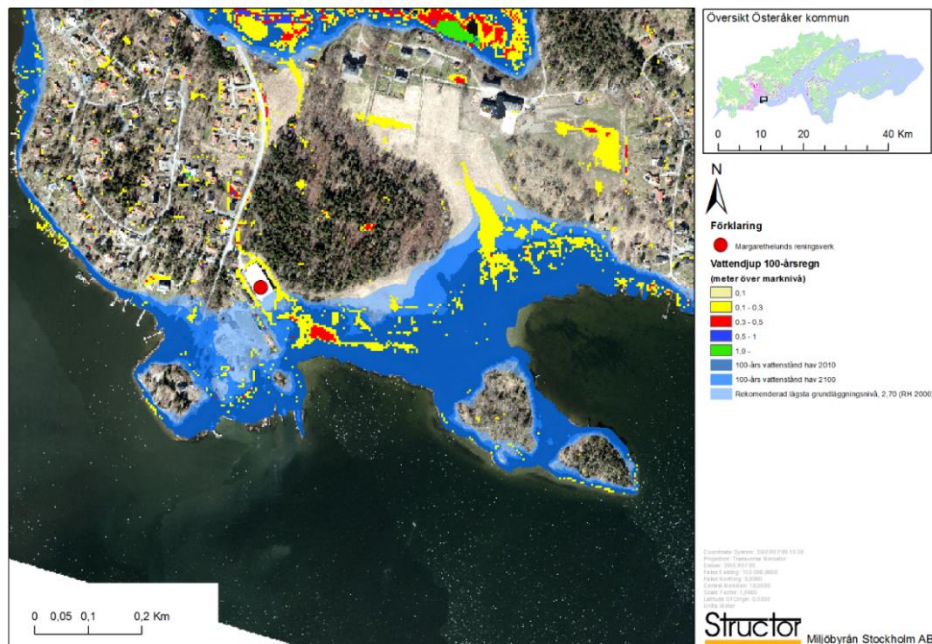
De klimatfaktorer som generellt innebär konsekvenser för systemen är skyfall, ökad medel-nederbörd under vinterhalvåret i form av regn och i kombination med låg avdunstning, höga vattenstånd i hav, sjöar och vattendrag. Skyfall innebär ökad risk för att ledningar blir överbelastade vilket kan ge bakåtströmmande vatten med källaröversvämningar som följd. Brädning av avloppsvatten kan innebära hälsorisker bland annat genom förorening av dricksvatten. Höga vattenstånd i vattendrag, sjöar och hav kan också leda till dämning i dagvattensystemen, vilket ökar risken för översvämning.

Översvämningar på grund av dagvatten sker idag på ett flertal vägar i kommunen samt även i centrala delar av Åkersberga. Enligt skyfallskarteringen kan marken som omger Margretelunds reningsverk översvämmas något av ett skyfall (0,1-0,2 meters djup), liksom marken direkt sydost om reningsverket (0,2-0,5 meters djup).

Ett antal gatubunnar inom avloppsnätet ligger inom riskområde för översvämningar på grund av höga havsnivåer i Åkersberga och möjligen också i Linanäs. Vissa av dessa ligger lägre än 100-årsvattenståndet idag. Andra ligger under 100-årsvattenståndet år 2100 (figur 42). Reningsverket vid Margretelund ligger inte under 100-årsvattenståndet, men delar av anläggningen ligger i gränzonen för länsstyrelsens rekommenderade lägsta grundläggningsnivå +2,70, (RH 2000), (figur 43).



Figur 42. 100-årsvattenstånd år 2010 och 2100 samt avloppsbrunnar och ledningar kring Åkers kanal och Åkersberga centrum.



Figur 43. Skyfallskarteringen, de tre karterade havsnivåerna samt Margretelunds reningsverk.

5.3 Sårbarheter för klimatets förändring

I avsnitt 5.1-5.2 har negativa direkta konsekvenser av olika klimatfaktorer bedömts för objekt av vikt inom olika system samt för sammanhållen bebyggelse och ny bebyggelse. Konsekvenser har också bedömts för system som helhet i mer generella termer av de olika klimatfaktorerna. Med direkta avses de konsekvenser som ger en påverkan i första led för ett objekt eller system. Om konsekvensen därefter har en påverkan i flera efterföljande led innebär den en indirekt konsekvens. Om exempelvis en vägsträcka spolats bort medför det en konsekvens för själva väggroppen (direkt) och konsekvenser för transporter som kan vara samhällsviktiga (indirekt), varvid omledning kan komma att krävas. Analys av indirekta konsekvenser ingår inte i uppdraget.

Konsekvenser innebär per automatik inte sårbarheter. Sårbarheter handlar om aspekter som vikt och beroenden som är nära sammankopplade, redundans och resiliens samt systemnivå. Det är därför viktigt vid bedömning av sårbarhet att veta på vilken nivå ett drabbat objektet finns (exempelvis riksväg, länsväg, kommunal väg, enskild väg), vilken betydelse objektet har för sitt system och vilken betydelse systemet har för samhället i stort. Det ger information om hur systemets funktion kan komma att påverkas om objektet upphör att fungera och om hur samhället i vidare bemärkelse påverkas. Möjlighet till redundans, som omledning till andra vägsträckor eller transportmedel, kan innebära att konsekvensen inte fortplantas och därmed inte medför en sårbarhet. Resiliens innebär förmåga till återställande, vilket har betydelse för att en konsekvens inte förvärras och för att sårbarheter minimeras.

En bedömning om direkta negativa konsekvenser av olika klimatfaktorer, både generella systemkonsekvenser och mer specifika objektskonsekvenser, innebär allvarliga sårbarheter för system och för samhällets funktionalitet i stort görs lämpligen i kommunens risk- och sårbarhetsanalys. Värdering av konsekvens mot bakgrund av vikt, beroenden, redundans, resiliens handlar i stor utsträckning om vad som betecknas som acceptabelt.

6 Åtgärder och rekommendationer

Klimatet förändras och förändringen kommer att pågå under mycket lång tid, inte bara under innevarande sekel. Konsekvensanalysen visar att klimatets förändring kommer att påverka Österåkers kommuns geografiska område avseende både befintlig och nu planerad bebyggelse och infrastruktur. Bebyggelse och infrastruktur är som helhet system med mycket lång livslängd, längre än för enskilda byggnader och objekt, varför ett planeringsperspektiv bör innefatta mer än detta sekel. Det är viktigt att framhålla de restriktioner och rekommendationer som finns idag för nyexploatering och förtätning. Det är också viktigt att framhålla de ytterligare rekommendationer, åtgärder m.m. som kan anses nödvändiga för att undvika ökad sårbarhet och skadekostnader genom att ny bebyggelse etableras inom idag känsliga områden eller områden som kommer att bli utsatta framöver. Ny bebyggelse bör inte heller försvåra eventuella kommande skyddsåtgärder för den befintliga bebyggelsen.

Av PBL 2 kap 5 § framgår att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet, med hänsyn till bland annat människors hälsa eller säkerhet eller till risken för olyckor, översvämning och erosion. Med olyckor avses även ras och skred.³² MB 3 kap 1 § anger att mark- och vattenområden ska användas för det eller de ändamål områdena är mest lämpade med hänsyn till beskaffenhet, läge och föreliggande behov.³³ *Lokalisering, placering, höjdsättning och utformning* så tidigt som möjligt i planeringen är av avgörande betydelse för att samhällsstrukturen ska vara hållbar över tid.

PBL fokuserar främst på fysisk planering och nyexploatering, inte lika starkt på åtgärder gällande den befintliga bebyggelsen och infrastrukturen. Ställning behöver tas till olika strategier, förhållningssätt och typåtgärder som idag finns och som möjliggör skydd av bebyggelse, infrastruktur och samhällsviktiga funktioner. Ett sådant agerande möjliggör och underlättar *en aktiv riskstyrning genom riskreducerande åtgärder* redan i tidigt skede.

Åtgärder planeras och används inom olika skeden och är av olika karaktär. Det handlar framförallt om *förebyggande åtgärder, skyddsåtgärder, beredskap och återställande åtgärder*. Rekommendationer och riktlinjer inför nyexploatering är av förebyggande karaktär liksom tekniska skyddsåtgärder för det befintliga och öppen dagvattenhantering m.m. Med beredskapsåtgärder avses åtgärder att användas i operativt skede, exempelvis ledning och samverkan, mobila översvämningssbarriärer m.fl. Även dessa behöver planeras i tidigt skede. Sammantaget innebär de olika typerna av åtgärder en aktiv riskstyrning. För konsekvenser som bedöms vara av liten betydelse kan ett medvetet val vara att hantera dem när händelsen inträffar. Ett sådant medvetet val, som ställer krav på resiliens, ingår också i en strategi om riskstyrning.

Inom klimatanpassning diskuteras ett förhållningssätt som kan sägas bestå av tre typer av strategier – *attack, försvar, reträtt*. Attack innebär bebyggelseplanering som direkt frontar hotet, som bebyggelse på pelare, byggande i vattentät betong osv. där risk för översvämning föreligger. Försvar omfattar olika typer av skyddsåtgärder som vallar och murar. Reträtt innebär som namnet antyder ett val att backa undan för hotet, att markområden exempelvis lämnas. Marken kan däremot användas för andra syften än bebyggelse och infrastruktur, som grönområden som kan tillåtas översvämmas tillfälligt. Anpassning kan lämpligen utgöra en mix av de tre strategierna beroende av ett områdes karaktär och betydelse.

Ett annat förhållningssätt är den så kallade fyrstegsprincipen.³⁴ Den innebär att stegvis pröva olika förbättringar. Det första steget innebär ”*Tänk om*”, att tänka i nya banor vilket omfattar

³² Plan- och bygglag (2010:900)

³³ Miljöbalk (1998:808)

³⁴ Fyrstegsprincipen är ett förhållningssätt som ska användas vid analys av problem och brister i transportsystemet och vid val av åtgärder.

planering, styrning, reglering, information etc. Det andra innebär ”Optimering”, vilket innebär en effektivare användning av det befintliga och omfattar t.ex. underhåll och reinvesteringar för att bibehålla funktion. Det tredje innebär ”Bygg om”, och avser begränsade ombyggnadsåtgärder för ökad kapacitet och säkerhet. Det fjärde innebär ”Bygg nytt”, vilket omfattar nyinvesteringar och stora åtgärder som kräver ny mark. Principen har tydligt fokus på förebyggande åtgärder. Metoden används av Trafikverket kopplat till investeringsprojekt.

Det finns ett flertal aspekter som är viktiga att beakta vid planering och prioritering av åtgärder: objekts/systems utsatthet och sårbarhet, deras vikt och redundans. Dessutom vilken effekt och synergieffekt en åtgärd kan ge, möjligheter och restriktioner vad gäller vidtagandet, om åtgärden är lätt att vidta samt om genomförandet kan ske i samband med annat åtgärdsarbete. Samt slutligen kostnaden för åtgärden i förhållande till den effekt den ger. Vid val av åtgärder behöver även hänsyn tas till objekts/systems livslängd i förhållande till klimatets förändring. *Åtgärder kan vidtas på olika nivåer*, som att direkt skydda/stärka ett specifikt objekt eller för att skydda ett system i vidare bemärkelse än enbart ett drabbat objekt. Åtgärder kan också vidtas i mer storskalig form för att skydda större områden samlat mot ett specifikt hot. Utifrån dylika aspekter kan konsekvenser och åtgärder klassificeras och markeras på karta.

6.1 Nyexploatering och förtätning

Avsikten att analysera olika typer av risker och konsekvenser i översiktsplaneringen är att skapa ramar och förutsättningar för att skapa en hållbar stadsutveckling som beaktar klimatets förändring. Syftet är bland annat att underlätta för och styra den kommande detaljplaneringen och bygglovgivningens så att åtgärder möjliggörs. Det är viktigt att det i översiktsplanen tydliggörs ansvar för genomförande av åtgärder.

6.1.1 Restriktioner och rekommendationer

Structor anser det viktigt att framhålla följande rekommendationer, restriktioner och strategier med fokus på översvämningar, markstabilitet och ökad temperatur för nyexploatering och förtätning i översiktsplanarbetet.

Grundläggningsnivå i förhållande till havet

Länsstyrelsen i Stockholm har gett ut en rekommendation till kommunerna om att ny sammanhållen bebyggelse och samhällsfunktioner av betydande vikt³⁵ bör placeras minst 2,70 meter över havet (RH 2000)³⁶. Enstaka villor och fritidshus bör inte heller lokaliseras till översvämningshotade platser. Tidsperspektivet omfattar även nästkommande sekel. Nivån inbegriper ett 100-årsvattenstånd beräknat för en global havsnivåhöjning på 1 meter som en rimlig övre gräns till år 2100.³⁷ I den angivna nivån ingår säkerhetsmarginaler för nästkommande sekel, vågor och vinduppstuvning. Det långa tidsperspektivet innebär en osäkerhet kring klimatets förändring och utvecklingen av havsnivån. Försiktighetsprincipen anges därför behöva tillämpas vid lokalisering och placering av ny bebyggelse.

Med tekniska åtgärder kan en del områden som ligger under den rekommenderade nivå exploateras, vilket möjliggör för kommuner att göra avsteg från den rekommenderade grundläggningsnivån. Dylika avsteg bör då motiveras genom utredningar, karteringar och riskbedömningar som visar att den planerade exploateringen inte innebär risk för hälsa eller säker-

³⁵ En samhällsviktig verksamhet definieras som en samhällsfunktion av sådan betydelse att ett bortfall av eller en svår störning i funktionen skulle innebära stor risk eller fara för befolkningens liv och hälsa, samhällets funktionalitet eller samhällets grundläggande värden.

³⁶ Länsstyrelsen Stockholm, 2015 *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län - med hänsyn till risken för översvämning*

³⁷ 1 meter havsnivåhöjning till år 2100 i förhållande till år 1990 bygger på senaste klimattforskning och anges som en rimlig övre gräns.

het, eller risk för olyckor, översvämning eller erosion. Vid förtätning inom befintliga bebyggelseområden bör en plan säkerställa att den nya bebyggelsen, som ska vara utformad för att klara översvämningar, inte försvåra kommande skyddsåtgärder för den befintliga bebyggelsen.

Grundläggningsnivå i förhållande till vattendrag

I skriften "Översvämningssrisker i fysisk planering"³⁸ anger länsstyrelserna i mellansverige principer för var man kan bygga utan att vidta särskilda förebyggande åtgärder avseende höga flöden och nivåer i dagens klimat. Rekommendationerna utgår från 100-årsnivåer och så kallade högsta dimensionerande nivå³⁹. Rekommendationerna gäller för vattendrag och sjöar.

- Områden som översvämmas av en 100-årsnivå⁴⁰ bör inte byggas förutom enklare byggnader som uthus och garage.
- I områden som översvämmas av högsta dimensionerande nivå kan samhällsfunktioner av mindre vikt lokaliseras, t.ex. enklare byggnader, vägar med förbifartsmöjligheter, enstaka villor, fritidshus mm.
- Riskobjekt och samhällsfunktioner av betydande vikt bör endast lokaliseras i områden som inte översvämmas av högsta dimensionerande nivå. Exempel på sådana funktioner kan vara offentliga byggnader, infrastruktur av stor betydelse m.m. Även sammanhållen bostadsbebyggelse bör placeras ovanför denna nivå. Även om en byggnad etableras ovan denna nivå kan dock marken vara olämplig ur stabilitetssynpunkt vid en översvämningssituation.

Rekommendationen utkom 2006 och skiljer sig principiellt från länsstyrelsens rekommendation om grundläggningsnivåer längs havet vad gäller lokalisering av enstaka villor, fritidshus mm. Motiveringen från länsstyrelsen att enstaka villor, fritidshus mm bör lokaliseras på samma nivå som sammanhållen bebyggelse grundar sig i att de representerar stora värden samt att bebyggelse tenderar att förtätas i ett längre tidsperspektiv. Detta förhållningssätt anser Structor behöva gälla även vid bebyggelse längs vattendrag och sjöar.

Översvämningsskartering vid nyexploatering kan visa på åtgärder som kan minska risken för och konsekvenserna av översvämning och därigenom möjliggöra exploatering. Exempel på åtgärder som kan rekommenderas är lägsta golvnivå och lämpligt grundläggningsätt för nya byggnader, permanenta invallningar, förstärkningar i mark och nivåhöjningar av mark.

Branschrekommendationer vid översvämning av skyfall⁴¹

Svenskt Vatten rekommenderar vid översiktsplanering att bebyggelse inte placeras i översvämningssområden och instängda områden, då det blir svårt att hantera dagvattnet. Vid fördjupad översiktsplanering rekommenderas en principiell höjdsättning som säkerställer att bebyggelse och viktig infrastruktur inte skadas vid skyfall. Grundprincipen är att byggnader ska placeras på höjddpartier och grönytor i lågstråken.

Vid både nyexploatering och förtätning av befintlig bebyggelse är det viktigt att inte placera byggnader och infrastruktur i vattnets naturliga flödesvägar och samlingsområden. Höjdsättning bör göras så att samhällsviktiga funktioner och bebyggelse klarar förväntat 100-årsregn med pålagd klimatfaktor för år 2100 utan att översvämmas. Bebyggelse och samhällsviktiga funktioner bör placeras så att en konstruktions undersida befinner sig över den högsta beräknade vattennivån.

³⁸ Länsstyrelserna, 2006, *Översvämningssrisker i fysisk planering – rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse*

³⁹ Begreppet dimensionerande nivå används inte längre. Det har ersatts av Bhf (beräknat högsta flöde och därtill motsvarande nivå).

⁴⁰ Sannolikheten för att 100-års nivån ska inträffa under en hundraårsperiod är 63 %.

⁴¹ Svenskt Vatten, 2011, *P 105 - Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning*

Svenskt Vattens nya rekommendation P110 (uppdatering av P90) är ännu inte officiell och har därför inte hänvisats till i detta uppdrag. Avsikten med P110 är att den ska harmoniera med P105.

Förslag på strategier för markanvändning vid skyfall

I dagsläget finns inga riktlinjer gällande markanvändning vid skyfall. Följande strategi anser Structor vara lämplig att beakta i ett tidigt planeringsskede inför nyexploatering och förtätning.

En skyfallskartering, utförd på det regn kommunen valt som dimensionerande, kan delas in i olika intervall efter olika vattendjup. Hur intervallen väljs hänger samman med den markanvändning och konsekvenser som ska belysas, som konsekvenser för störningar i viktiga samhällsfunktioner, konsekvenser för t.ex. ekonomiska värden, olycksrisker och miljörisker. Lämplig indelning av markanvändning är samhällsviktiga funktioner och bebyggelse, enklare konstruktioner samt grönytor. Följande anser Structor kan ses som riktvärden inför nyexploatering och förtätning:

- Grundprincipen bör vara att bebyggelse och samhällsviktiga funktioner inte placeras i översvänningszoner där dagvattenhantering kan bli svårhanterlig. Konstruktionens undersida ska ligga så högt att den inte riskerar att översvämmas.
- Enklare konstruktioner bör inte placeras inom översvänningszoner med djup över 0,3 meter.
- Grönytor bör inte placeras i zoner med djup över 0,5 meter. Undantag kan göras för grönytor där eventuella konstruktioner inte riskerar att skadas av översvämning samt grönytor som inte innehåller samlingspunkter för personer med nedsatt rörlighet eller nedsatt orienterings- och uppfattningsförmåga (t.ex. barn, äldre, funktionshindrade). Sådana undantag skulle kunna vara skogsområden, åker, äng, översvänningsparker etc.
- Ytliga avrinningsvägar ska inte bebyggas. En platsspecifik skyddszon runt avrinningsvägen behövs där erosions- och skredrisker beaktas. Skyddszonen är vanligen i storleksordningen några tiotals meter, men zonens storlek behöver utredas i varje enskilt fall. Grönytor kan anläggas i avrinningsvägar om de inte innebär hinder för avrinningen.
- För områden med djup större än 1,0 meter bör platsspecifika utredningar utföras och åtgärder vidtas, då dessa områden kan innebära stora risker om människor vistas där vid skyfall.

I det följande ges övergripande förklaringar till vad de olika vattendjup innebär:

- Zon med djup över 0,3 meter innebär att personbilar sannolikt saknar framkomlighet.
- Zon med djup över 0,5 meter innebär att brandbilar saknar framkomlighet, vilket medför att brandrisker inte kan hanteras på normalt sätt. Zonen innebär fara för allmänhet. Vid strömmande vatten ökar riskerna.
- Zon med djup över 1,0 meter innebär stor fara för allmänhet. Platsspecifika utredningar bör utföras för att säkerställa översvämningars utbredning och djup.

Förtätning av bebyggelse och infrastruktur ska smälta samman med befintlig bebyggelse och befintliga tekniska system. Detta kan innebära att översvänningszoner i praktiken inte är byggbara, då det kan vara svårt att få nya byggnader och andra konstruktioner att både harmoniera med befintliga konstruktioner och vara översvänningssäkrade.

Markområden med risk för översvämning kan exploateras om åtgärder vidtas som syftar till att minska eller eliminera störningar i samhällsviktiga funktioner, ekonomiska konsekvenser samt hälso- och olycksrisker som kan uppstå till följd av översvämning. I zoner med översvänningsrisk bör markstabilitet och risk för lokal erosion med efterföljande ras och skred utredas.

Varaktigheten hos fördröjande åtgärder bör vara längre än skyfallsöversvämningens varaktighet för att fylla sitt syfte fullt ut. Åtgärder för att minska översvämningens risker får inte försvara skyddet av annan bebyggelse eller för driften av samhällsviktiga funktioner.

Olika regn ger olika vattendjup och strömningsförhållanden vilket leder till skillnader i konsekvenser. Structor anser det angeläget att kommunen väljer det regn som bedöms lämpligt utifrån de målsättningar och strategier kommunen fastställer. En skyfallskartering av den typ som nu tagits fram för Åkersberga pekar ut områden för framtida exploatering där översvämningar kan vara eller kan bli ett problem. Karteringen kan även användas för att ta fram en ytavrinningsplan, det vill säga en plan för hur överskottsvatten som rinner av på markytan kan hanteras. Modellresultaten med beräknade vattendjup och flödesvägar innebär underlag för att planera öppna dagvattenlösningar.

Förslag på strategi för markanvändning vid brister i markstabilitet

Mot bakgrund av nämnd lagstiftning (PBL och MB) ska endast mark som är lämpad för ändamål utifrån beskaffenhet och läge användas för exploatering. Structor anser att en grundprincip för att undvika ökad sårbarhet och ökade kostnader bör vara att likt nämnda strategier ”attack/-reträtt/försvar” i första hand välja bort de områden som kan komma att innebära bristande säkerhet med risk för olyckor som ras, skred och erosion. Om exploatering ändå sker på dessa platser bör utredningar som detaljerade karteringar, förebyggande stabilitetsåtgärder och ekonomiska beräkningar utföras.

I zoner med översvämningens risk bör markstabilitet och risk för lokal erosion med efterföljande ras och skred utredas. För bebyggelse som planeras i nära anslutning till en avrinningsväg bör markstabiliteten utredas. Om åtgärder medför markarbeten, krävs utredning av dagvattensituationen nedströms/fördröjningsåtgärder uppströms, så inte översvämningens problematik flyttas till plats med sämre förutsättningar.

Förslag på strategi gällande gröna och blå strukturer

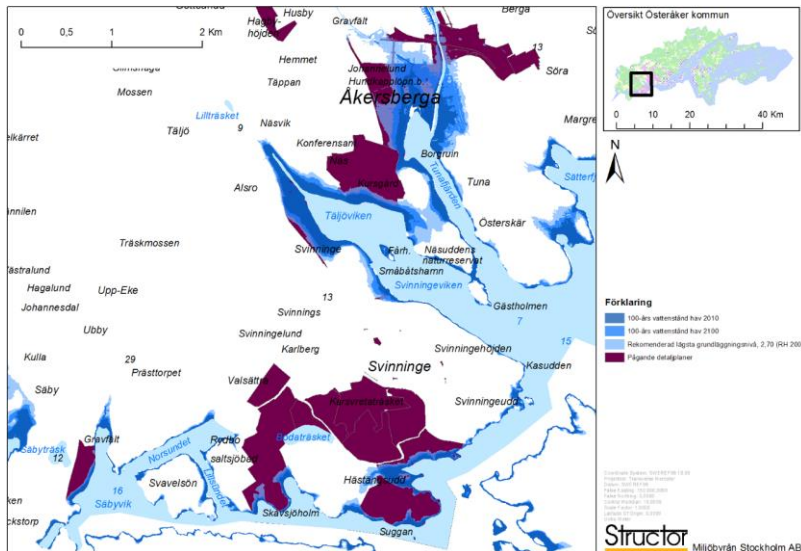
Structor anser att det är viktigt att fokusera på gröna och blå strukturer redan i ett tidigt planeringskedje. Dessa åtgärder kan ge positiva effekter vad gäller temperatur, fördröjning av vatten och sociala aspekter. Både grönstrukturer, exempelvis gröna tak- och fasader, och blåstrukturer, som dammar och diken, har en avkylande effekt i tät bebyggelse. Dessa typer av åtgärder är att rekommendera med tanke på att temperaturen kommer stiga inom länet och värmeböljorna blir fler. Gröna tak har också en fördröjande effekt för avrinningen vid mindre intensiv nederbörd. Åtgärden bidrar till den totala fördröjningen inom ett område tillsammans med andra fördröjande åtgärder. Blå-gröna strukturer ger även positiva effekter för biologisk mångfald och rekreation.

Olika typer av förebyggande åtgärder finns som kan vara tillämpliga även vid nyexploatering och förtätning. Se vidare avsnitt 6.2.1 där ett flertal exempel på förebyggande åtgärder ges.

6.1.2 Förebyggande systemspecifika åtgärder för ny bebyggelse inom Österåker
Planering av nya bostadsområden inom Österåkers kommun sker idag till stor del nära havet. En första åtgärd/strategi bör vara att kommunen använder de restriktioner och rekommendationer, se avsnitt 6.1.1, som finns för att minimera risken för att nya bostadsområden översvämmas vid skyfall och stigande havsnivåer.

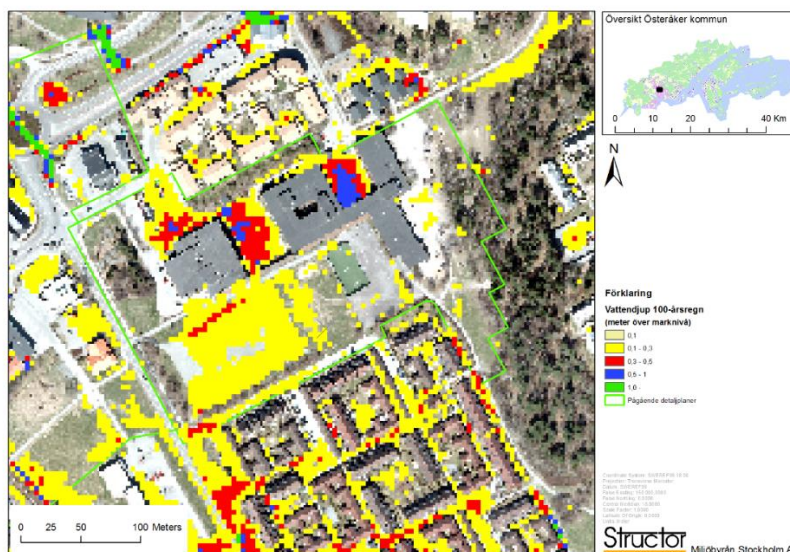
I områden där det är beslutat att gå emot gällande restriktioner och riktlinjer, exempelvis vid Kanalstaden SV om Åkersberga centrum (figur 44), krävs andra klimatanpassningsåtgärder för att undvika klimatrelaterade skador. Åtgärderna som vidtas bör syfta till att minska eller eliminera störningar i samhällsviktiga funktioner, ekonomiska konsekvenser, hälsorisker och olycksrisker som kan uppstå till följd av översvämningar.

En förutsättning för att kunna bedöma de lämpligaste åtgärderna är att utredningar utförs för den aktuella platsen om hur stabiliteten kan ändras i ett förändrat klimat med avseende på framförallt förändrade nederbörds- och grundvattenförhållanden samt flukturerande havsnivåer. Det är särskilt viktigt i fallet med Kanalstaden där markarbeten planeras i översvåmningszoner och området redan idag har kända markstabilitetsproblem. När förutsättningarna är kända för den specifika platsen kan andra åtgärder, som höjning av marknivån, tät konstruktion samt upphöjda byggnader/konstruktioner m.m. utgöra aktuella åtgärder. Dessa konstruktionstekniska åtgärder bör helst väljas i ett tidigt skede. De kan då ställas kostnadsmässigt mot att utföra anläggningen inom ett annat område, med andra markförutsättningar, till en lägre konstruktionskostnad.



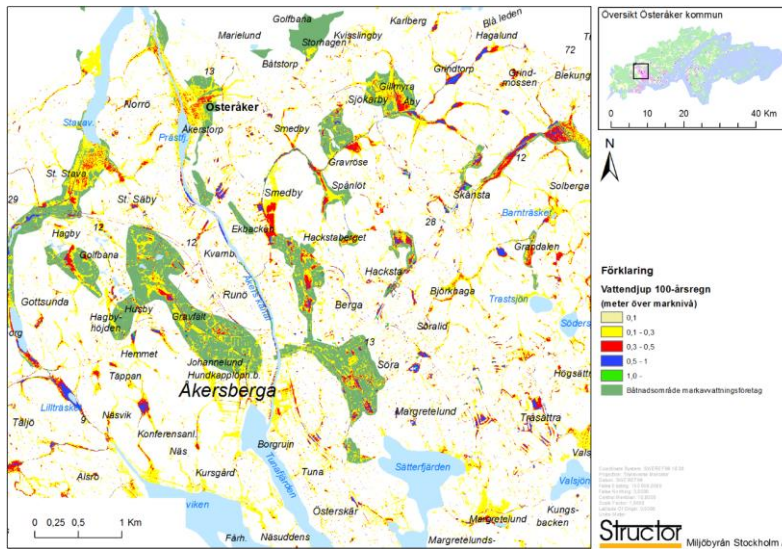
Figur 44. De tre karterade havsnivåerna samt pågående detaljplaner i Åkersberga samt Svinninge.

Utifrån skyfallskarteringen kan exempel på en detaljplan ses innefatta områden med vattendjup som överstiger 0,5 m vid skyfall inom ett skolområde (figur 45). Klimatförändringen gör att skyfall kommer inträffa oftare. Förebyggande klimatanpassningsåtgärder är nödvändiga när det finns risk för sådana vattendjup inom ett planerat skolområde. Lämpliga åtgärder i dessa fall kan vara en väl genomtänkt höjdsättning med rinnvägar som gör att vattnet inte blir stående på platser med risk för att barn kan komma till skada.



Figur 45. Skyfallskartering samt detaljplanen med vattendjup som överstiger 0,5 m.

Andra områden som historiskt har använts för ny bebyggelse inom kommunen är mark som tidigare brukats som jordbruksmark. Markförutsättningarna inom dessa områden är ofta skapade genom avsänkning av vattennivån inom området för att ge förutsättning för odling i gynnsamma jordar med god avkastning. Vattenanläggningarna för att sänka vattnet är ofta dimensionerade utifrån en kostnad/nyttokalkyl och klarar en viss mängd nederbörd, men svämmar över med jämna mellanrum. Det naturliga fallet bort från dessa områden kan ibland vara begränsat och underhåll av diken och rörledningar som leder bort vatten är många gånger eftersatt. Denna kombination gör att dessa områden ofta inte är lämpade för bebyggelse utan att åtgärder vidtas, vilket skyfallskarteringen visar (se figur 46).



Figur 46. Skyfallskarteringen samt jordbruksmark (markavvattningsföretags båtomsråden).

6.2 Befintlig bebyggelse

6.2.1 Strategiskt förhållningssätt avseende åtgärder

Structor anser att ett lämpligt första steg att åtgärda konsekvenser gentemot ett förändrat klimat är att genomföra en analys utifrån klimatets förändring, i vilken ingår karteringar av hav, vattendrag och skyfall. Genom detta arbete erhålls en bild av objekt, system och områden som är utsatta och känsliga för olika klimatfaktorer. Utifrån kunskapen om hot, konsekvenser och bedömd sårbarhet kan områden klassificeras. Tillsammans med förslag på åtgärder, bedömd effekt av åtgärder och kostnadsanalyser kan detta samlat ligga till grund för prioriteringar av åtgärder.

Åtgärder att vidta i befintlig bebyggelse är av olika karaktär. Företrädesvis är de av förebyggande karaktär som tekniska skyddsåtgärder, men de kan även vara av beredskapskaraktär. Vi anser det viktigt att skapa en helhet som innebär riskreducering och en aktiv riskstyrning. Beredskapsåtgärder som används i operativa skeden är ett komplement till skyddsåtgärder, samt till de förebyggande rekommendationerna för ny bebyggelse. Beredskapsåtgärder behöver likt övriga åtgärder också planeras i tidigt skede.

I befintlig bebyggelse kan tekniska skyddsåtgärder vidtas, så som vallar och barriärer för att skydda mot översvämningar. Andra exempel på lämpliga förebyggande översvämningssåtgärder är fördröjning genom infiltration, gröna tak, öppen dagvattenhantering, dämpning av höga flöden genom översvämningssoner vid vattendrag och våtmarker utanför bebyggelsen. Kommunen kan i en detaljplan sätta olika åtgärder som villkor för byggnation. Rekommendationer om åtgärder kan integreras i en dagvattenpolicy eller motsvarande dokument.

Många åtgärder kan förutom att reducera risken för översvämningar även tillföra andra värden, exempelvis för rekreation, biologisk mångfald, cykel- och gångvägar. Gröna åtgärder har även en temperaturreglerande effekt i bebyggd miljö genom skugga och växternas transpiration som sänker temperaturen.

För de byggnader och system som kommunen ansvarar för kan utredning om ansvar och åtgärder med fördel utföras som en del av en klimatanpassningsplan. Det är angeläget att ansvariga för samhällsviktiga funktioner, fastighetsägare med flera berörda aktörer får vetskap om konsekvenser av olika hot, exempelvis vattendjup vid skyfall, samt eventuella begränsningar i framkomlighet vid översvämningar. Dessa bör i sin tur lämpligen utreda riskerna vidare samt förbereda och vidta åtgärder för att skydda sin egendom. Kommunen kan förslagsvis vid inkomna ärenden om förändring i befintlig bebyggelsemiljö som till exempel bygglov, bygganmälan, anmälan till miljö- och hälsoskyddsnämnd, ansökan om anslutning till kommunalt vatten och avlopp mm, informera om riskbilden.

Nedan ges exempel på typåtgärder, förebyggande och beredskap, hämtade bl.a. från länsstyrelsen.⁴²

- *Tekniska åtgärder:* höjning av marknivå, vall/barriär, vågbrytare, ändrad reglering och ökning av vattendragens tvärsnittsektion, täta/vattentåliga konstruktioner, upphöjda byggnader eller konstruktioner, högt liggande öppningar, åtskilda tillfarter, slutna dagvattensystem dimensionerade för skyfall.
- *Flödesvägar ovan mark:* biodiken, svackdiken, öppna kanaler och tvåstegsdiken.
- *Uppsamlingsåtgärder:* bassänger/kassuner, dammar, perkolations- och infiltrationsmagasin, torra dammar, mångfunktionella uppsamlingsplatser och retentionsområden.
- *Fördröjningsåtgärder:* nya vattenvägar, restaurering av vattendrag, strandfodring och anläggning av våtmarker och utjämningsmagasin.
- *Absorptionsåtgärder:* vegetation, gröna tak och gröna fasader.
- *Infiltrationsåtgärder:* genomsläpplig markbeläggning, infiltrationsplanteringar och infiltrationsstråk, översilningsytor.
- *Översvämningssparker*
- *Beredskapsåtgärder:* beredskapsplaner/ledning och samverkan, bevakning av väderprognoser av skyfall, omlokalisering av viktig verksamhet till högre plan i en byggnad, flytt av verksamhet till annan plats.
- *Temporära skyddsåtgärder:* mobila barriärer/översvämningsskydd, tätande lösningar till öppningar i byggnader och konstruktioner, pumpar mm.

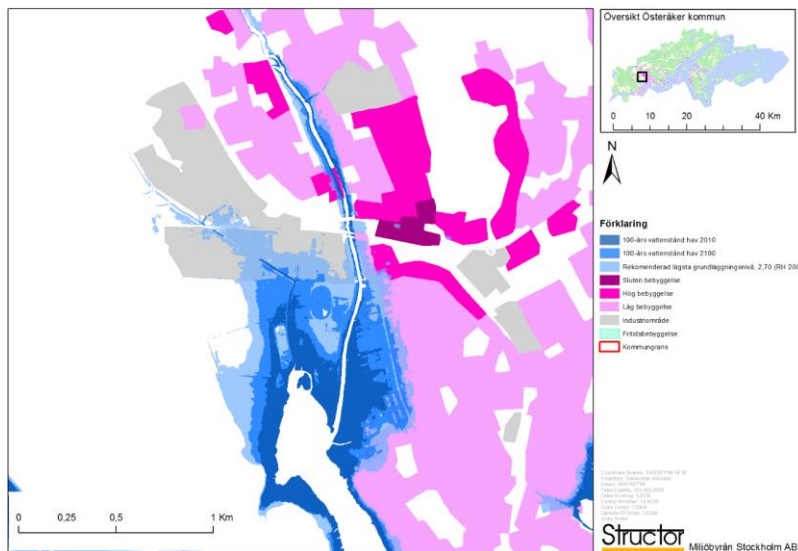
6.2.2 Systemspecifika åtgärder för bebyggelse inom Österåker

Bebyggelse

För befintlig bebyggelse måste kommunen inrikta sig på åtgärder för att skydda bebyggelsen, verksamhetsutövare och fastighetsägare mot de risker som föreligger. Första steget i detta arbete har påbörjats i och med denna rapport som ger kunskap om vilka hot som finns och en översiktlig bild av vilka områden som är och kommer att bli utsatta för dessa hot. Nästa steg för kommunen är att informera berörda fastighetsägare om vilka risker deras fastigheter är utsatta för i ett förändrat klimat. Detta görs lämpligen i samordning med försäkringsbolag. Ett sätt att strukturera detta kan vara att dela in kommunen geografiskt och ge varje område en riskklass utifrån hur allvarliga konsekvenser det kan drabbas av, samt informera om detta.

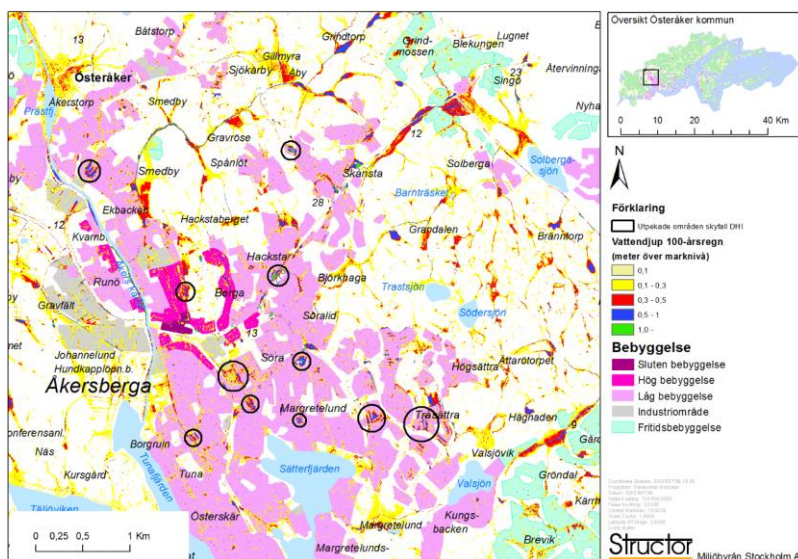
⁴² Länsstyrelsen Västra Götaland och Värmland, 2011, *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*

Det mest kritiska området inom Åkersberga med avseende på stigande havsnivå är området kring Åkers kanal (figur 47). Förutom att bebyggelsen ligger olämpligt placerad vid höga nivåer i havet är markförhållandena kring kanalen inte lämpliga för bebyggelse. För att komma fram till vilka åtgärder som bör vidtas är det därför viktigt att kommunen i första hand har en detaljerad bild av områdets markförhållanden för att de mest kritiska delarna ska kunna identifieras. Åtgärder som kan vidtas inom befintlig bebyggelse är att förstärka grundläggningen för att minimera risken för skred samt att anlägga skyddsvallar för att undvika översvämning. Det är också viktigt att vattnet inte ges möjlighet att strömma under vallarna.



Figur 47. De tre karterade havsnivåerna samt bebyggelse intill Åkers kanal.

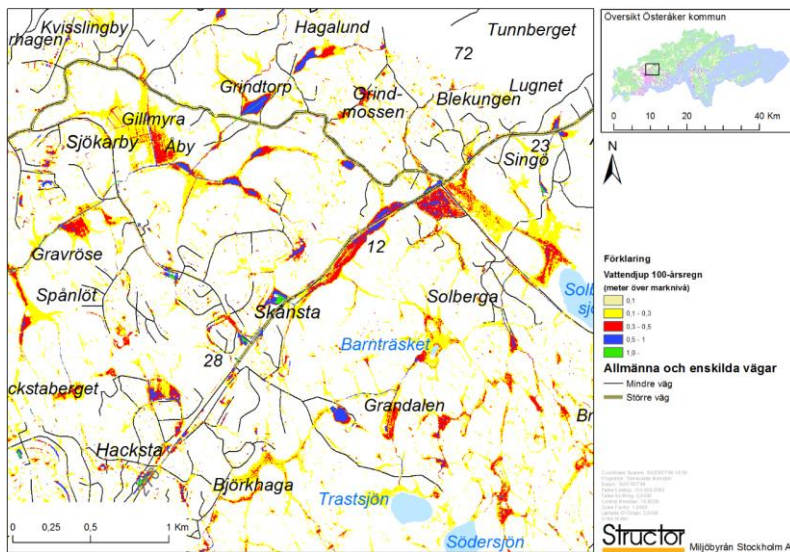
Inom Åkersbergas tätort finns det förutom Åkers kanal ett antal identifierade områden som kan drabbas av problem vid skyfall. De utpekade områdena (figur 48) kommer att få stående vatten med ett djup av 0,5 m eller mer vid ett skyfall. För att minimera risken för skador vid den här typen av situationer är det viktigt att vidta åtgärder. Det kan röra sig om flera åtgärder i mindre skala, exempelvis öppna dagvattenlösningar som möjliggör infiltration eller ändrade flödesvägar till annan lämplig plats. Sådana åtgärder kan behöva samordnas med övrig detaljplanering.



Figur 48. Skyfallskarteringen med utpekade områden som kan få ett vattendjup på över 0,5 m vid skyfall.

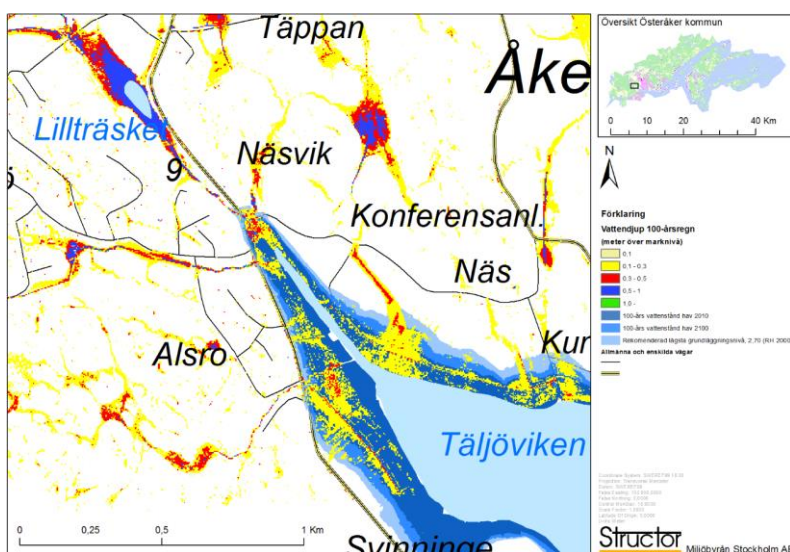
Vägar och järnvägar

Inom Österåkers kommun har några befintliga vägar identifierats som kan utsättas både för extrema havsvattenstånd och för extrem nederbörd. En vägsträcka som är utsatt för översvämning är en längre sträcka av Roslagsvägen, kring korsningen med Isättravägen (figur 49). Sträckan är anlagd på gammal jordbruksmark och markerna intill vägen riskerar att få ett vattendjup på över 0,5 enligt skyfallskarteringen. Kommunen bör verka för att Trafikverket ser över vägsträckningen och utreder behov av ändrad höjdsättning av vägen alternativt invallning för att minimera risken för stående vatten på körbanan.



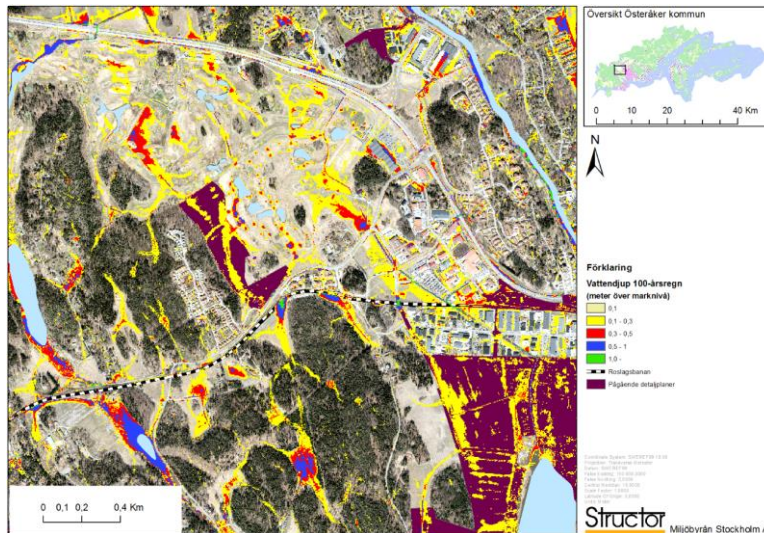
Figur 49. Skyfallskarteringen samt Roslagsvägen kring korsningen med Isättravägen.

Ett annat vägavsnitt som är utsatt både gällande stigande havsnivå och skyfall är Svinningevägen vid infarten till Täljö (figur 50). Även inom detta område bör förnyad höjdsättning av vägen alternativt invallning övervägas. En mer drastisk åtgärd är att dra om vägen och anlägga den på ett längre avstånd från Täljöviken för att undvika risken för översvämning på grund av stigande havsnivåer.



Figur 50. Skyfallskarteringen, de tre karterade havsnivåerna samt Svinningevägen vid infart till Täljö.

Roslagsbanan är vid några punkter utsatt för översvämningsrisk till följd av skyfall (figur 51). Det gäller framförallt kring Åkers Runö station där ett skyfall kan ge nivåer från 0,5 m upp till över 1 m i anslutning till järnvägen. Kommunen kan lämpligen informera Trafikförvaltningen/-Stockholm läns landsting om problemen och rekommendera en översyn av möjlig höjdsättning i samband med den upprustning som sker av Roslagsbanan. Även invallning vid de utsatta partierna är en åtgärd som kan bli aktuell.



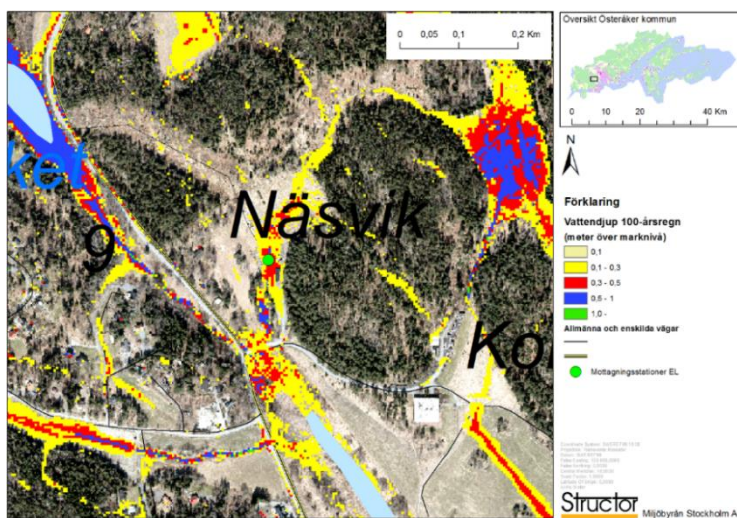
Figur 51. Skyfallskarteringen, Roslagsbanan samt pågående detalplaner väster om Åkersberga.

Hamnar

Flera hamnar och färjelägen kommer att ställas under vatten vid en höjd havsnivå i ett förändrat klimat. Kommunens uppgift blir att informera hamnägare om riskerna till följd av ett stigande hav. En åtgärd på längre sikt kan vara att höja kajkanter för att minska översvämningsrisken.

Elnät

En av de två mottagningsstationerna inom kommunen ligger intill Täljöviken norr om Svinninge. Skyfallskarteringen visar på ett vattendjup på ca 0,5 m kring mottagningsstationen vid ett skyfall (se figur 52). Stationen räknas som samhällsviktig och kommunen bör uppmärksamma ansvarig aktör om de risker som föreligger. En åtgärd kan vara att valla in stationen för att minimera risken för skador till följd av översvämnningar.



Figur 52. Skyfallskarteringen samt mottagningsstationen intill Täljöviken.

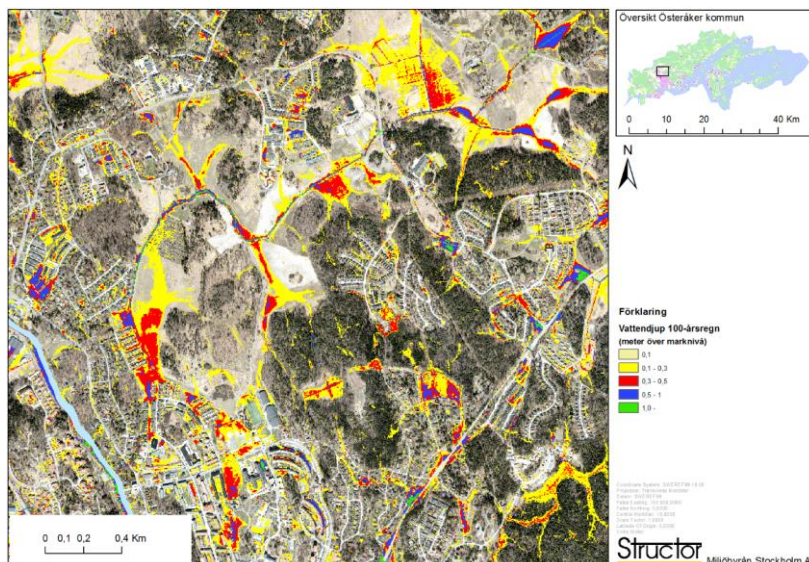
Fjärrvärme

Sandkilsverket ligger inom ett område med liten risk att översvämmas vid ett skyfall. Möjligheter till förebyggande åtgärder i form av exempelvis en vall bör utredas av E.ON Värme Sverige AB för att minimera risken att fjärrvärmeverket blir skadat vid skyfall. Ledningsnätets utformning intill Åkers kanal bör också ses över för att förebygga skador vid en stigande havsnivå.

Dagvatten- och avloppssystem

Skyfallskarteringen visar att det finns ett antal områden inom Åkersberga som kommer att få stående vatten vid ett skyfall (se figur 48 ovan med inringade områden). Kommunen bör kommunicera skyfallskarteringen och denna rapport till Roslagsvatten för att diskutera lämpliga åtgärder. Förebyggande åtgärder kan vara att dimensionera dagvattensystemen så att de klarar kraftigare regn. Det är dock inte alltid ekonomiskt försvarbart att dimensionera slutna dagvattensystem för skyfall. Det är därför viktigt att se över möjligheterna till andra småskaliga dagvattenlösningar i form av öppna svackdiken och genomsläpplig mark som kan möjliggöra infiltration inom dessa områden.

Ett annat lämpligt alternativ är att Roslagsvatten tillsammans med kommunen tar ett mer övergripande ansvar och identifierar de stråk inom en tätort där mycket vatten rinner och översvämningar ofta sker. Kommunen kan sedan med storskaliga dagvattenlösningar se till att översvämningar sker på områden som är lämpade att översvämmas utifrån landskapets topografi. För Åkersberga skulle sådana platser exempelvis kunna identifieras kring det vattendrag som rinner från Sjökarbyvägen ner mot Smedby (figur 53). En annan värdefull aspekt med att identifiera dessa områden tidigt i planeringen, som i samband med översiktsplanering, är att markerna inte i ett senare skede blir aktuell som möjlig mark för ny bebyggelse. De finns då i stället kvar som lämplig mark att översvämma. Viktigt är att platserna väljs med omsorg så att planerade översvämningar inte skadar andra intressen inom kommunen, exempelvis jordbruket.



Figur 53. Skyfallskarteringen visar området kring det vattendrag som rinner från Sjökarbyvägen ner mot Smedby som har en naturlig förmåga att översvämmas.

Dricksvatten

Redan idag finns problem med saltvatteninträngning i kustnära brunnar. Problemen kommer sannolik att öka under andra halvan av seklet. En noggrannare studie över vilka områden som kan drabbas med tanke på grundvattennivåer och brunnarnas placering i förhållande till havet bör utföras. Informationsarbete kan sedan initiera förebyggande åtgärder hos ägarna av de brunnar som ligger inom områden där saltvatteninträngningen bedöms kunna öka.

6.3 Samhällsekonomiska analyser i planering och befintlig bebyggelse

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är det kostnadseffektivt att i ett tidigt skede planera och genomföra samhällsekonomiska analyser gällande lokalisering av bebyggelse. Till exempel kan sjönära områden utgöra attraktiva boendemiljöer med högt fastighetsvärde, men de kan ändå vara samhällsekonomiskt negativa att exploatera. Vid översvämning kan både kommunen och privatpersoner drabbas av direkta kostnader för skador på fastigheter. Privatpersoner kan även drabbas av skador på bohag och förlorad inkomst. För kommunen kan det förutom kostnader för återställande av infrastruktur och bebyggelse innebära förlorade skatteintäkter.

Ett annat ekonomiskt perspektiv är försäkringsperspektivet. Försäkringsbolag kan framöver komma att bli mer restriktiva för vad som kan försäkras avseende exempelvis översvämning. Skyfallsskador har ökat kraftigt under senaste åren och försäkringsbranschen har framhållit att det kan leda till förändringar i försäkringsvillkor.

Avseende befintlig bebyggelse i utsatta områden kan det på lång sikt vara ekonomiskt strategiskt att omlokalisera i stället för att vidta punktåtgärder. För samhällsviktiga funktioner rekommenderas samhällsekonomiska konsekvensanalyser som underlag för vilka åtgärder som bedöms mest effektiva. I en sådan analys ställs exempelvis kostnader för nybyggnation i relation till kostnader för återställande.

7 Reflektioner inför fortsatt arbete med klimatanpassning

Österåkers kommun kommer att ta fram en ny översiktsplan som ska ersätta den nuvarande översiktsplanen från 2006. Syftet med Structors uppdrag är att utgöra ett underlag till pågående översiktsplanarbete. I uppdraget ingår att identifiera och analysera de viktigaste klimatfaktorerna på både kort och lång sikt med påverkan på Österåkers kommuns fysiska planering, befintlig bebyggelse och infrastruktur. Syftet är också att beskriva riktlinjer, restriktioner för att undvika ökad sårbarhet och kostnader, samt anpassningsåtgärder för översiktsplaneskedet.

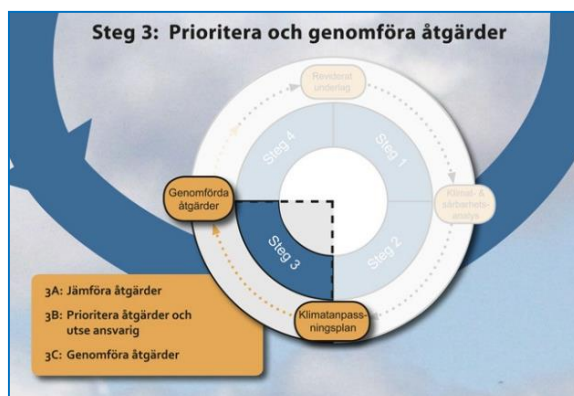
Det analysarbete som utförts ingår i steg 1 och delar av steg 2 enligt länsstyrelsernas vägledning ”Klimatanpassning i fysisk planering⁴³”.

En fullständig konsekvensanalys för kommunens geografiska område omfattar förutom de betraktade systemen även system inom den areella sektorn, vatten- och naturmiljön, hälsa till följd av exempelvis smittspridning och värmeböljor. För dessa system spelar en förändrad temperatur en större roll än vad den gör för den tekniska infrastrukturen, både en långsamt ökande temperatur samt en mer extrem med värmeböljor. Likaså anser Structor att det också kan finnas behov av att öka detaljeringsgraden och djupet i analyserna för enskilda sakområden, vilket kan vara lämpligt att arbeta vidare med inom enskilda förvaltningar och sektorer. Här genomförd analys är gjord på systemnivå med generella konsekvensbedömningar kompletterad med konsekvensbeskrivningar för objekt som Structor bedömt viktiga för olika systems funktion.

Viktigt att hålla i minnet är att klimatförändringar innebär hot av mer extrem karaktär, av så kallad hög intensitet som skyfall och värmeböljor, men också av mer långsamt framväxande förändringar av ökad medeltemperatur och medelnederbörd. Vissa hot ger även positiva konsekvenser som är intressant att analysera. Olika system är, som analysen visar, känsliga gentemot olika hot.

De åtgärdsförslag som beskrivs i rapporten i avsnitt 6 rör rekommendationer, restriktioner och strategier som Structor anser viktiga för ny bebyggelse, samt olika typer av förebyggande åtgärder för den befintliga bebyggelsen och infrastrukturen. Structor har även lämnat förslag på åtgärder för vissa specifika objekt och områden.

För en klimatanpassningsplan med prioriteringar av åtgärder anser vi att det behövs mer omfattande sammanställningar av åtgärdsförslag – på objektsnivå, systemnivå och eventuellt på mer övergripande nivå. Vid prioriteringar av åtgärder, processverktygets steg 3 (figur 56), finns flera aspekter som behöver beaktas och analyseras. Ur klimat- och sårbarhetsanalys och ur RSA-arbete finns underlag om objekts/systems utsatthet och sårbarhet, deras vikt och rimligen även redundans. Flera andra dokument innehåller också underlag av betydelse, som VA-planer, dagvattenpolicys, detaljplaner. I ett fortsatt åtgärdsarbete är det också viktigt med kunskap om åtgärders effekt och synergi-effekt, vilka möjligheter och restriktioner



Figur 54. Processverktygets steg 3 ”Prioritera och genomföra åtgärder”.

⁴³Länsstyrelserna, 2012, *Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna*

som finns för genomförande, som lagstiftning, målbilder m.m. Inte minst krävs också kostnadsbedömningar av vad åtgärder innebär. Hänsyn behöver även tas till olika tidsperspektiv i förhållande till klimatets förändring och systems livslängd.

Structor anser det viktigt att de analysresultat som tas fram i klimat- och sårbarhetsanalysen omsätts i kommunens övriga processer, planer och program, som i översiktsplanarbetet, i detaljplaner och i kommunens arbete med krisberedskap och skydd mot olyckor. Konsekvensanalysen behöver också uppdateras. Förhållanden förändras inom kommunen som kan ha betydelse för sårbarheten i både positiv och negativ bemärkelse, ny kunskap kanske har tagits fram både om klimatets förändring och om åtgärder. Genom en löpande uppföljning och revidering hålls dokumentet aktuellt och relevant.

En tydlig målbild avseende hur ett förändrat klimat ska hanteras är av betydelse för det kommunala arbetet. Structor anser att en sådan målbild innebär att ge en nivå för acceptabla konsekvenser och vilka hot som bör vara styrande, som val av återkomsttid för skyfall och högsta vattennivåer vad gäller hav, vattendrag och sjöar. Strategier bör utvecklas utifrån målbilden och användas som stöd i tidigt skede i översiktsplanering och för fortsatt detaljplanering. Vi vill framhålla att det i detta arbete är angeläget att ta ställning till vilka rekommendationer och restriktioner som bör beaktas så att de vägs in tidigt i planeringen. Detta för att undvika ökad sårbarhet och ökade kostnader framöver. Förebyggande åtgärder i den befintliga bebyggelsen behöver även vägas mot beredskapsåtgärder för att uppnå acceptabel risknivå över tid. Sammantaget innebär förhållningssättet en aktiv riskstyrning.

8 Referenser

DHI, 2015, *Skyfallskartering Åkersberga*

IPCC, 2014, *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

Länsstyrelsen Stockholm, 2004, *Salt grundvatten – i Stockholms läns kust- och skärgårdsområden*

Länsstyrelserna, 2006, *Översvämningsrisker i fysisk planering – rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse*

Länsstyrelsen Stockholm, 2010, *Konsekvens- och sårbarhetsanalys – metodbeskrivning*

Länsstyrelsen Västra Götaland och Värmland, 2011, *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*

Länsstyrelserna, 2012, *Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna*

Länsstyrelserna, 2012, *Poster Strukturerande verktyg för kommunal klimatanpassningsplanering – process och konsekvensanalys*

Länsstyrelsen Stockholm, 2015, *Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län - med hänsyn till risken för översvämning*

Miljöbalk (1998:808)

Plan- och bygglag (2010:900)

SMHI, 2010, *Regional klimatsammanställning - Stockholms län*

SMHI, 2013, *Dimensionerande flöden och vattennivåer vid Sockenvägen över Åkers Kanal*

SMHI tillsammans med Naturvårdsverket och Energimyndigheten, 2014, *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*

SMHI, 2015, *Framtidsklimat i Stockholms län - enligt RCP-scenarier*

SMHI, 2015, *Sveriges framtida klimat – underlag till Dricksvattenutredningen*

SMHI, 2015, *Dimensionerande vattennivåer i Tunafjärden och i nedre delen av Åkers Kanal*

Svenskt Vatten, 2011, *P 105 - Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning*

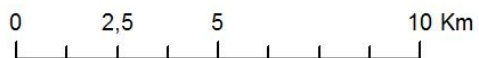
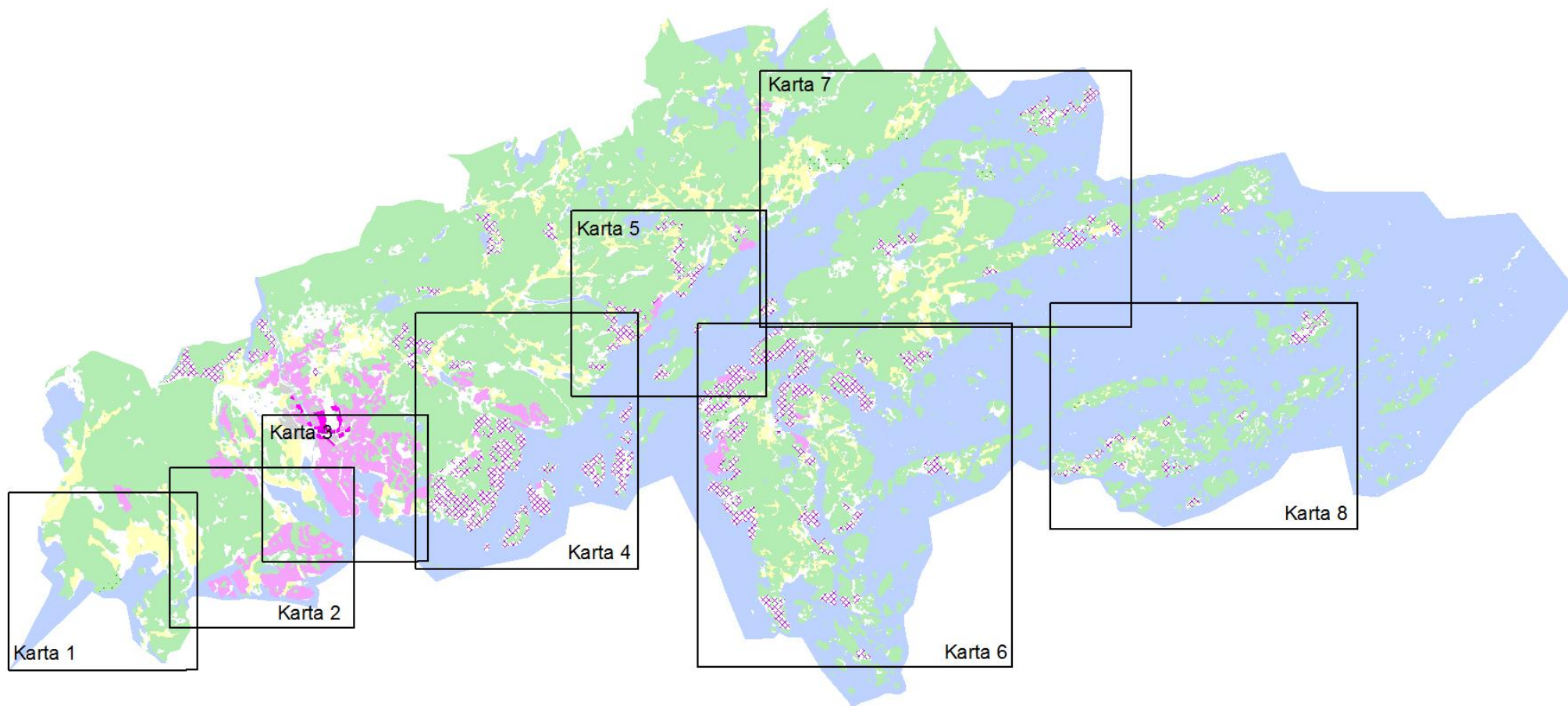
Tyréns, 2010, *Trafikplan 2010, del 1 trafikplan i Österåkers kommun*

Österåkers kommun, 2010, *Ljusterö planprogram*

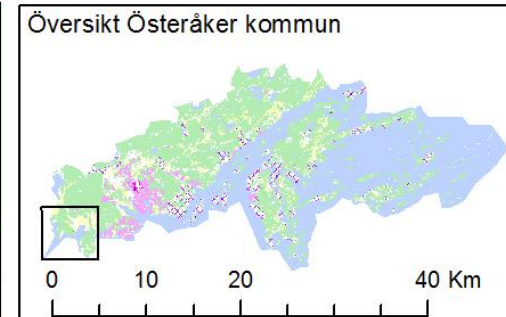
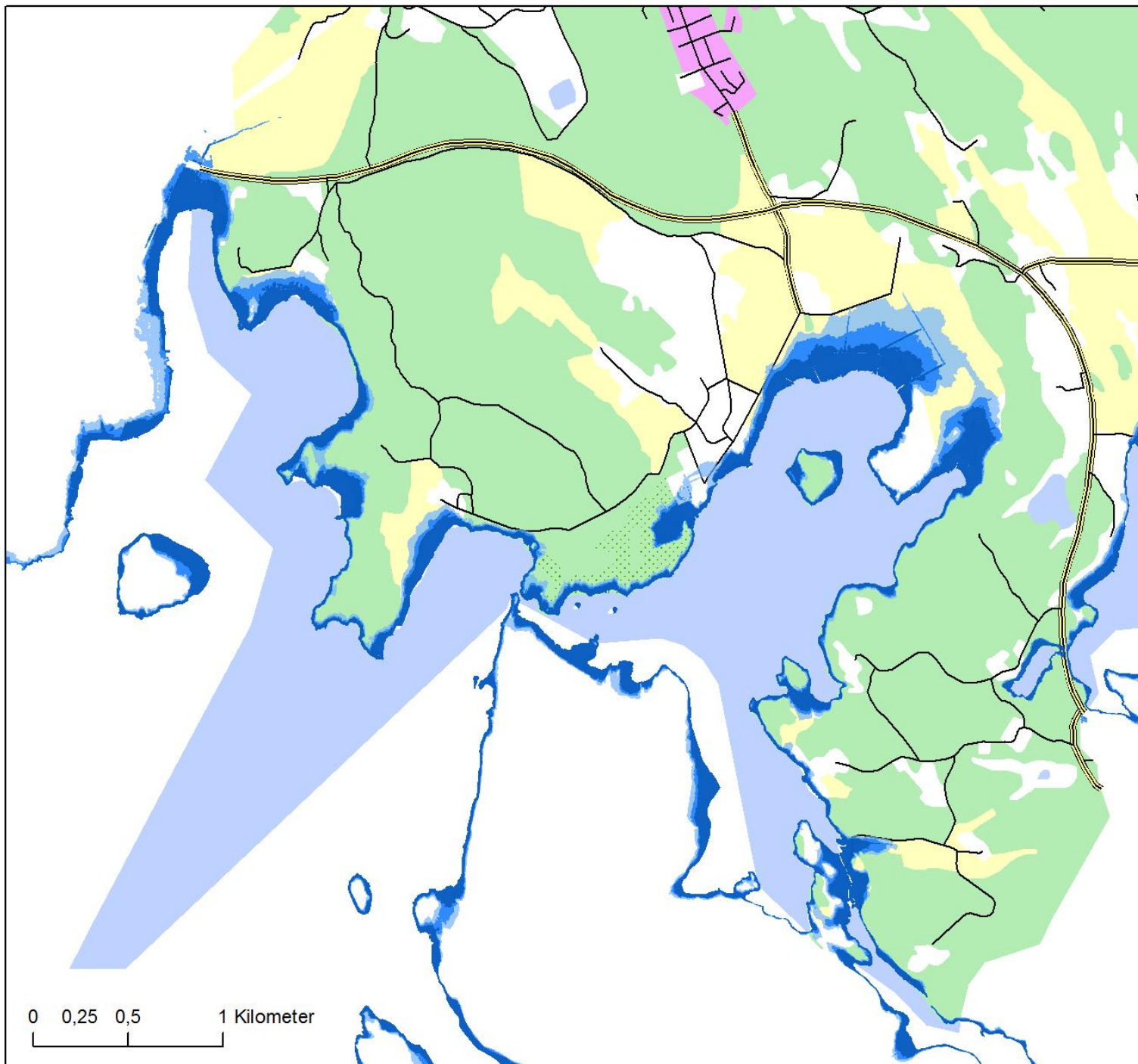
9 Bilagor

- 9.1 Bilaga 1. Kartor som visar havsnivåer och befintlig bebyggelse
- 9.2 Bilaga 2. Kartor som visar översvämning av skyfall över kommunens centrala delar

Översikt kartor Österåkers kommun



Coordinate System: SWEREF99 18 00
Projection: Transverse Mercator
Datum: SWEREF99
False Easting: 150 000,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 18,0000
Scale Factor: 1,0000
Latitude Of Origin: 0,0000
Units: Meter



Karta 1: Kyrkfjärden

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

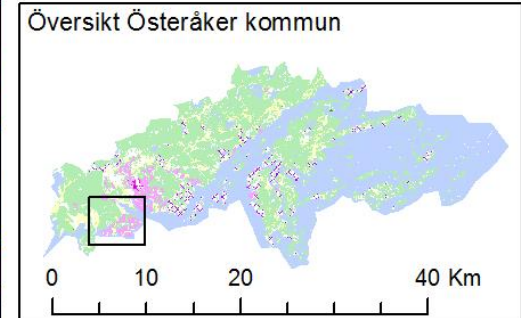
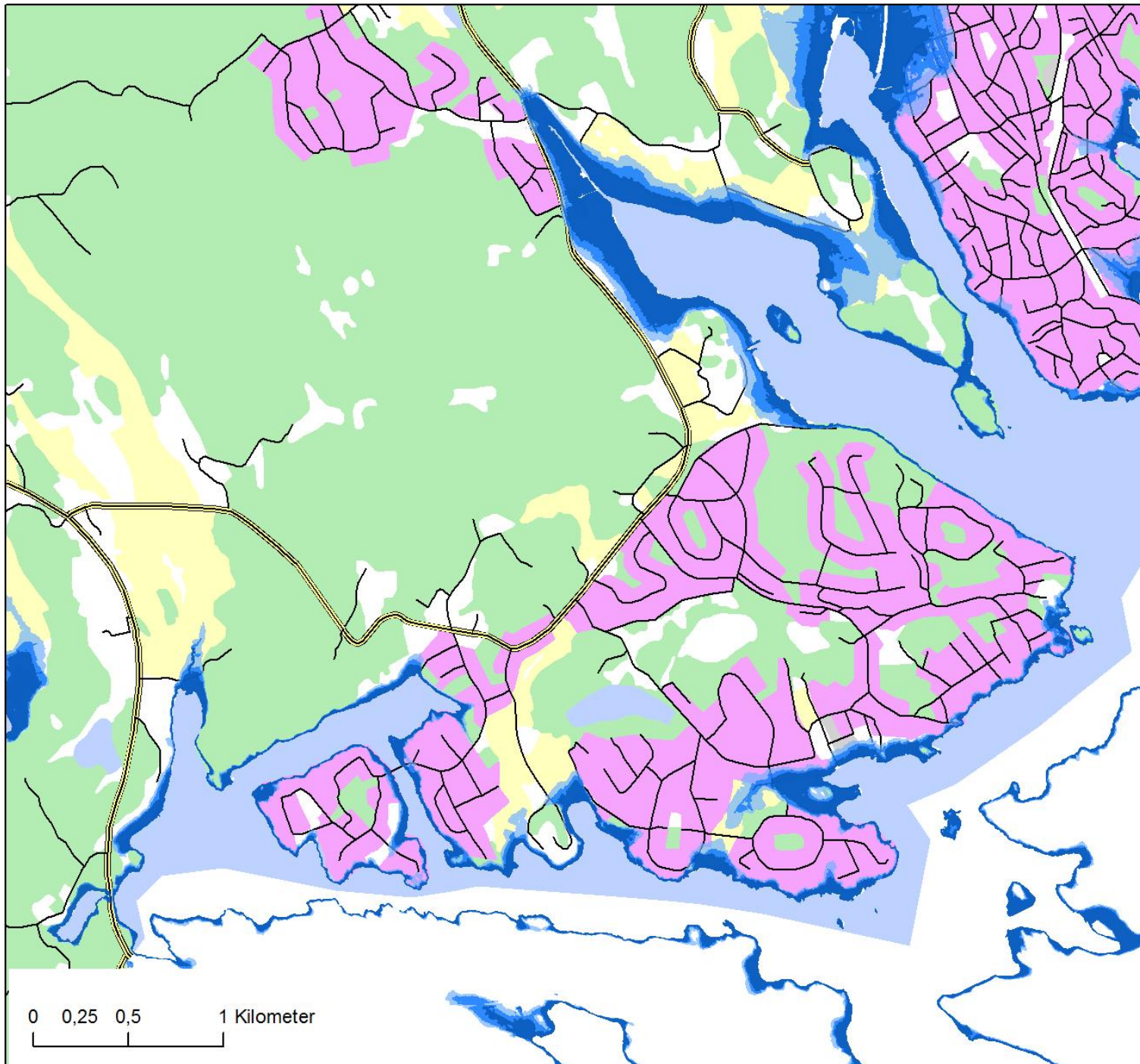
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 2: Svinninge

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

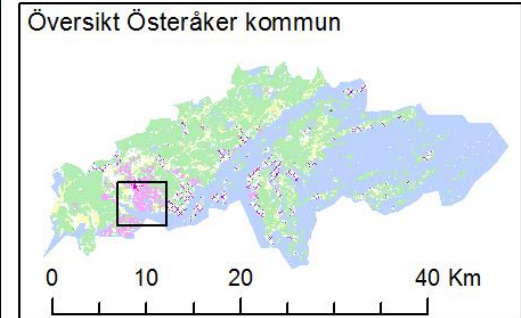
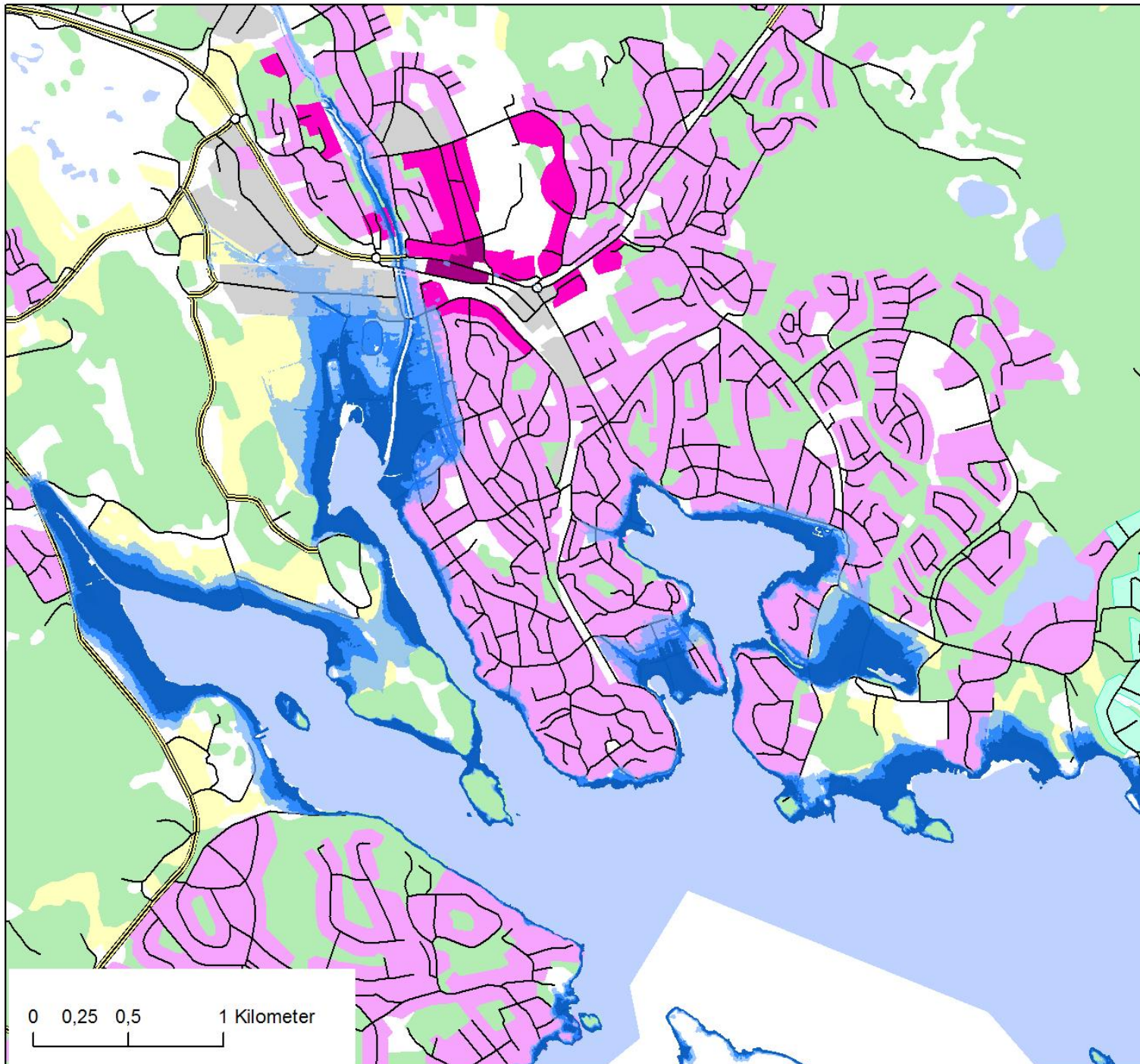
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 3: Åkersberga

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

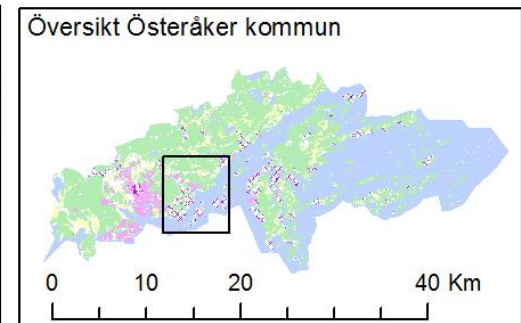
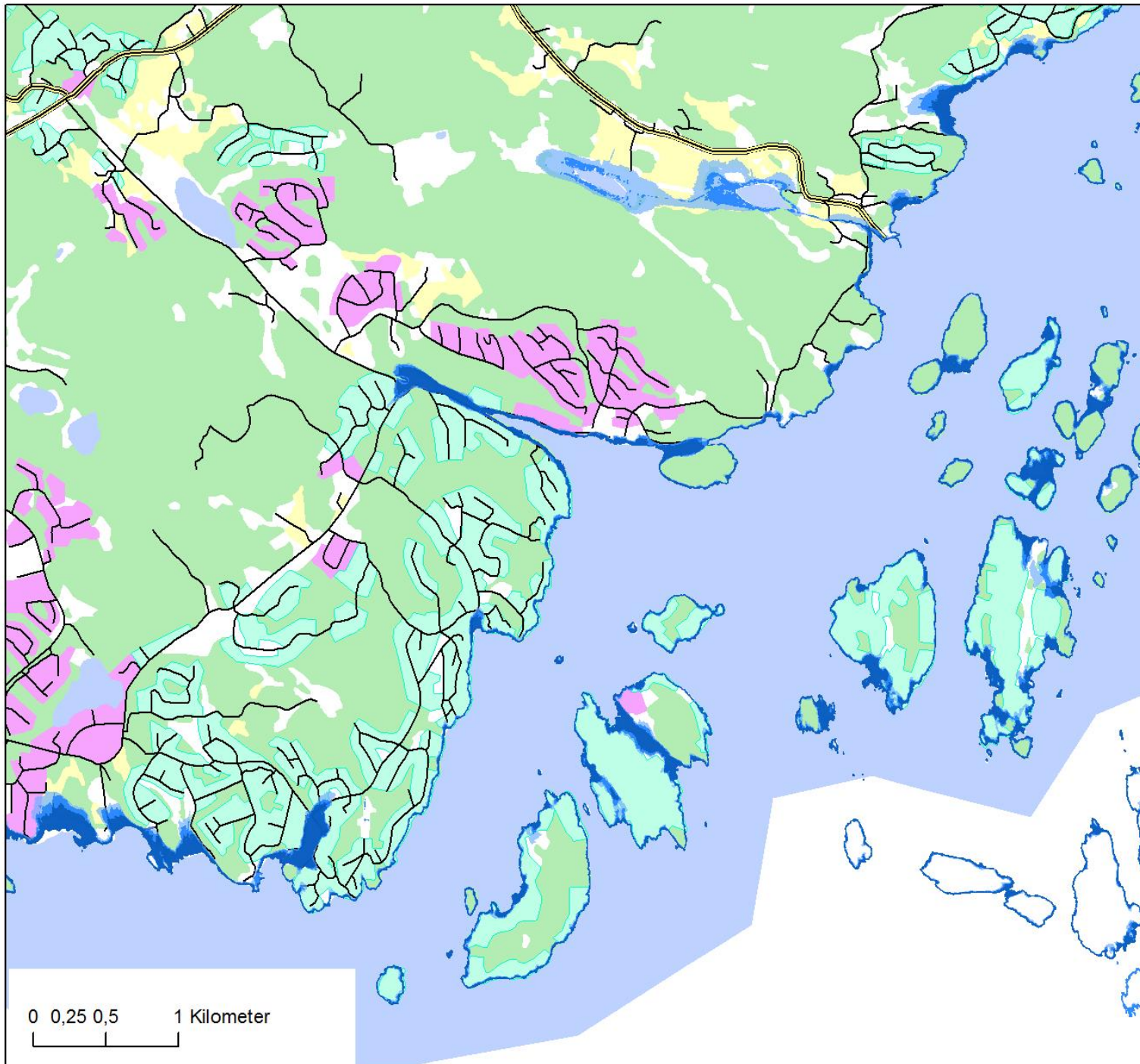
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 4: Isättraviken

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

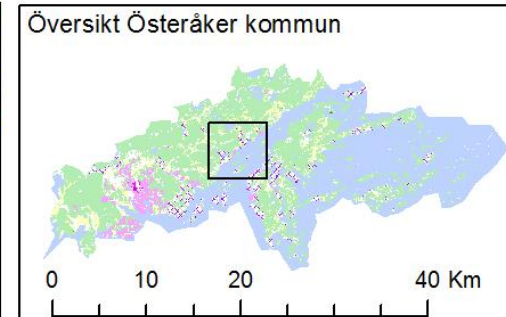
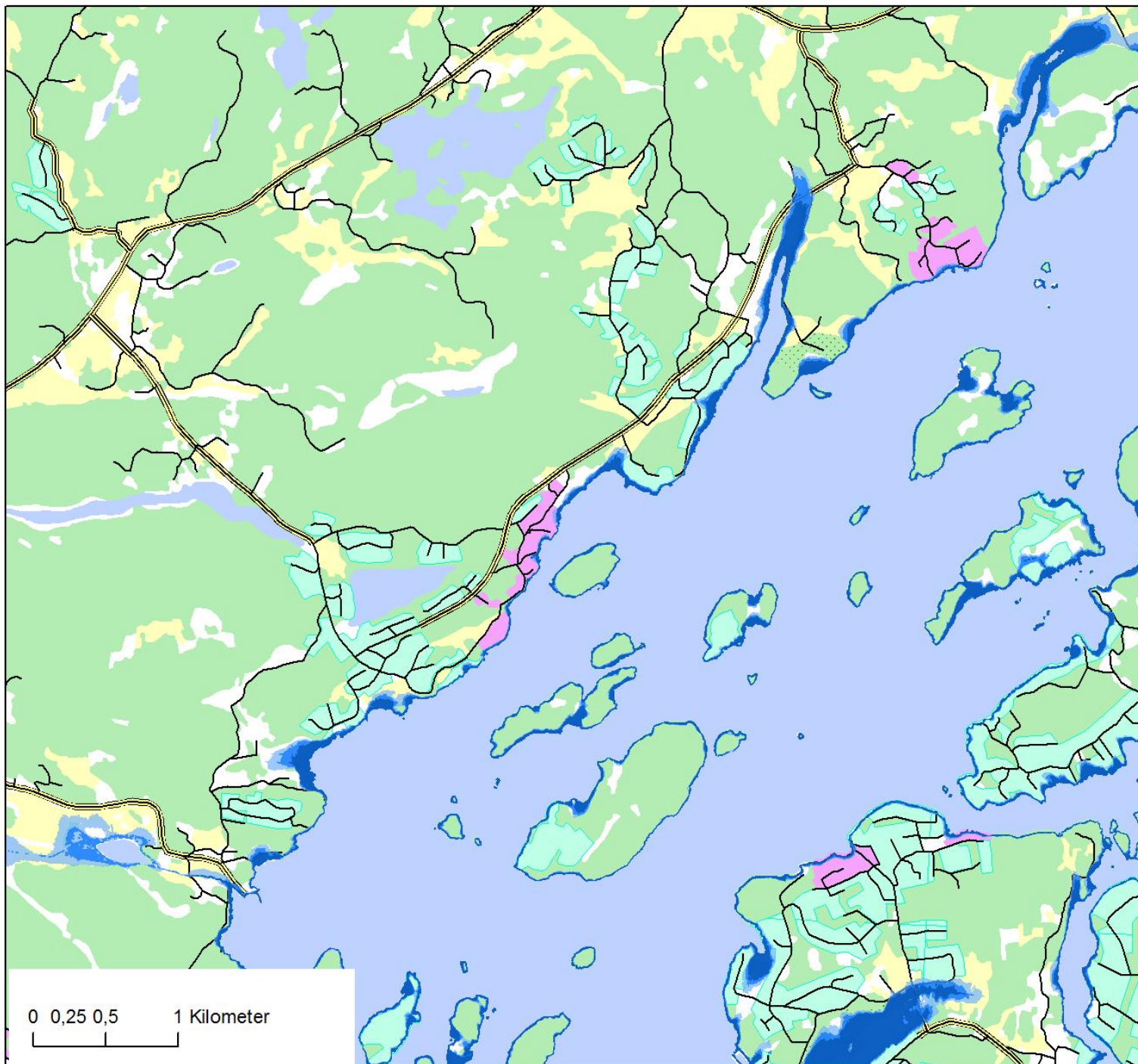
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 5: Dyviken

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

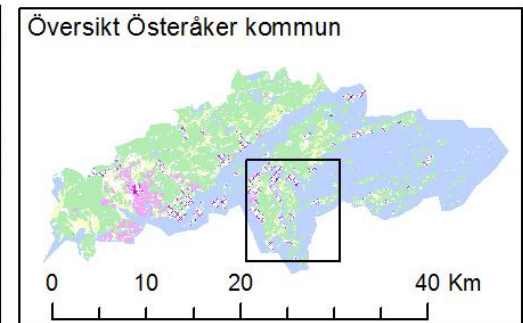
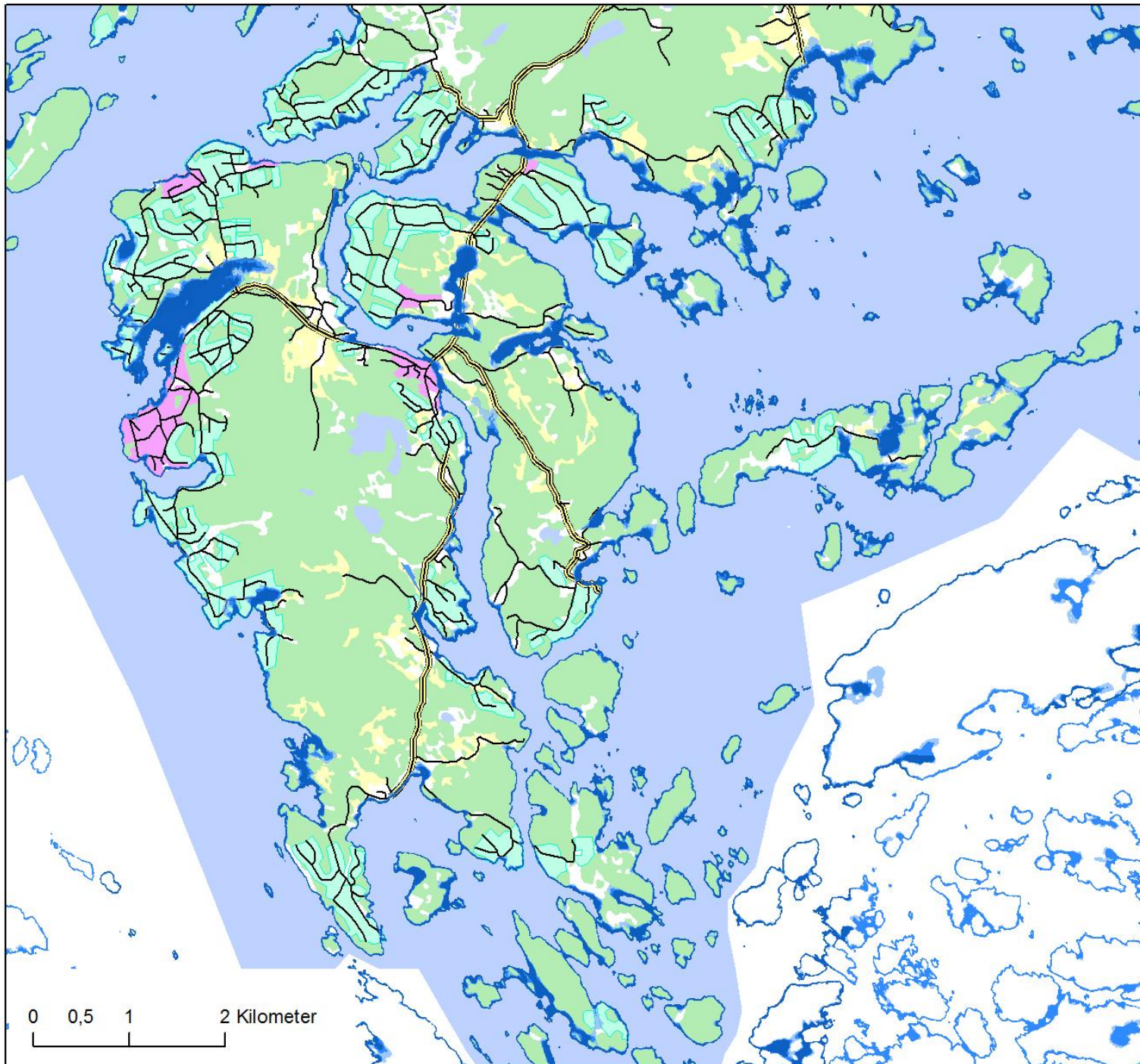
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 6: Södra Ljusterö

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

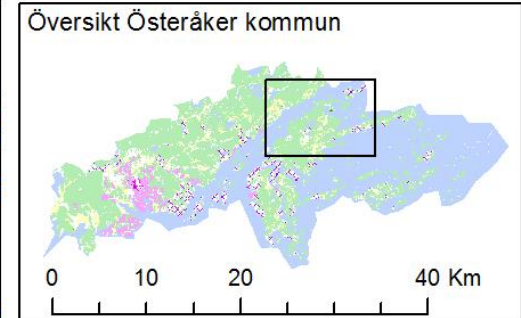
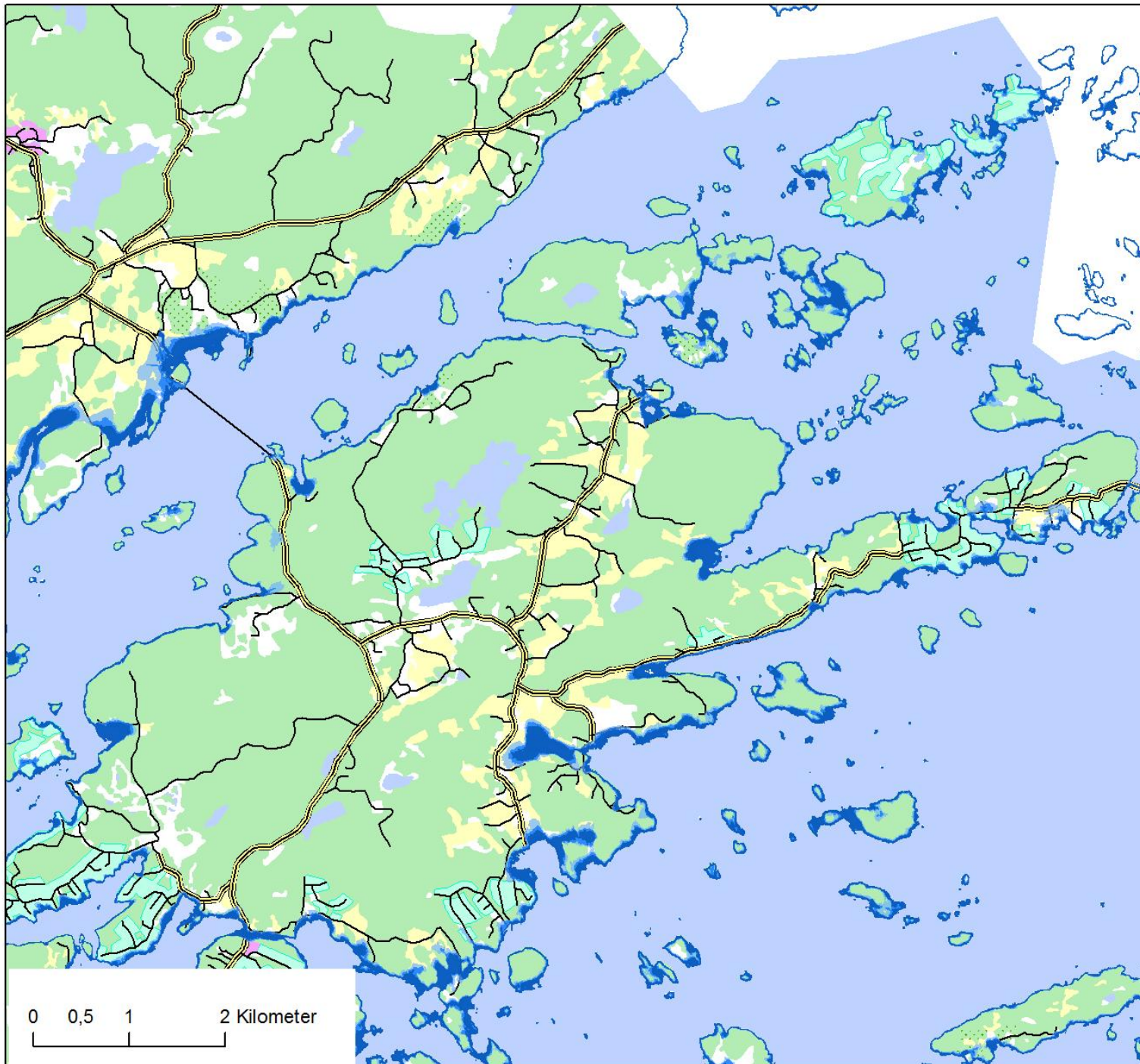
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Karta 7: Norra Ljusterö

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

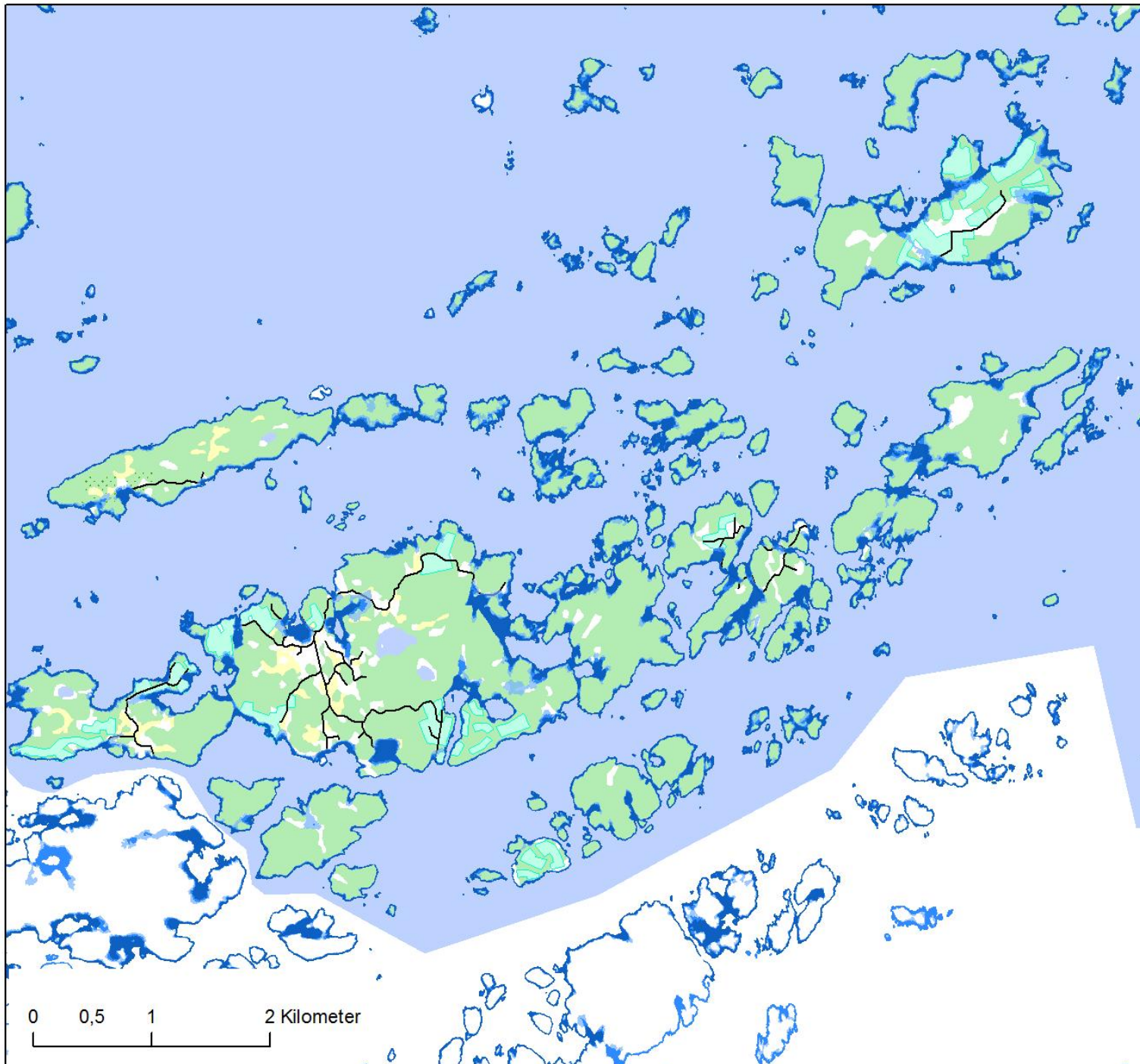
Allmänna och enskilda vägar

- Mindre väg
- Större väg

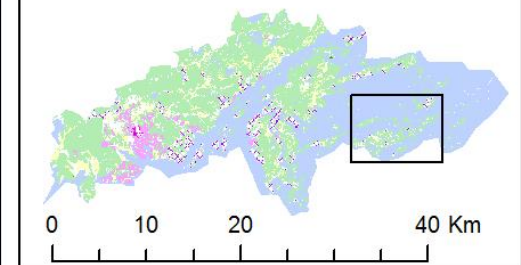
Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter



Översikt Österåker kommun



Karta 8: Ingmarsö

Förklaring

- 100-års vattenstånd hav 2010
- 100-års vattenstånd hav 2100
- Rekommenderad lägsta grundläggningsnivå, 2,70 (RH 2000)

Allmänna och enskilda vägar

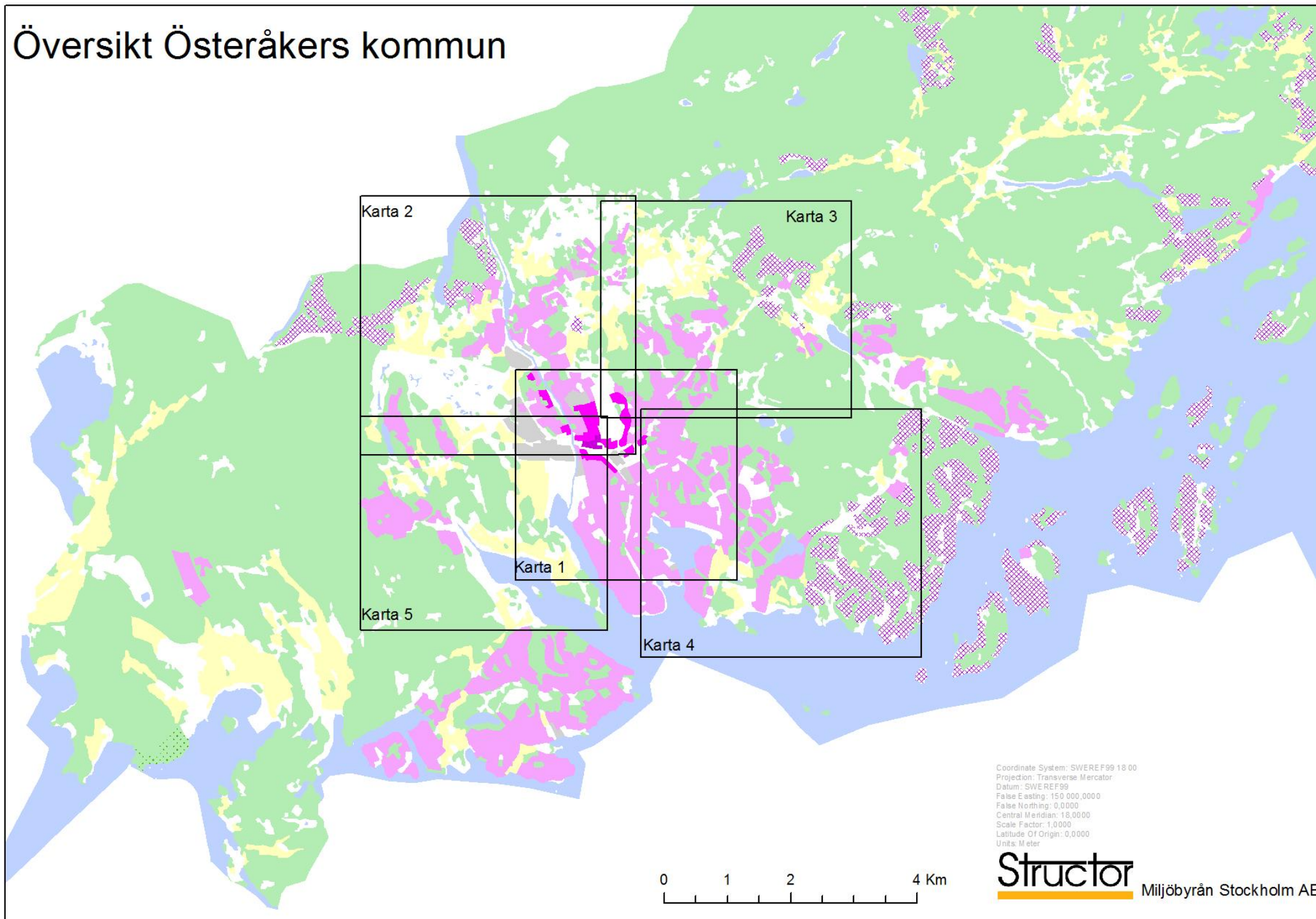
- Mindre väg
- Större väg

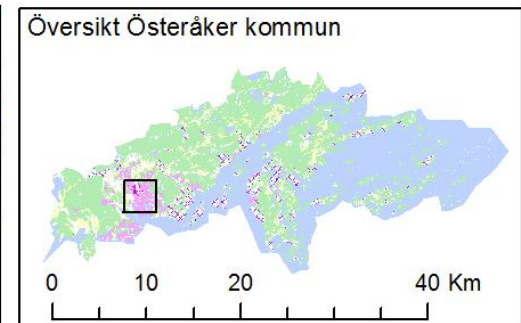
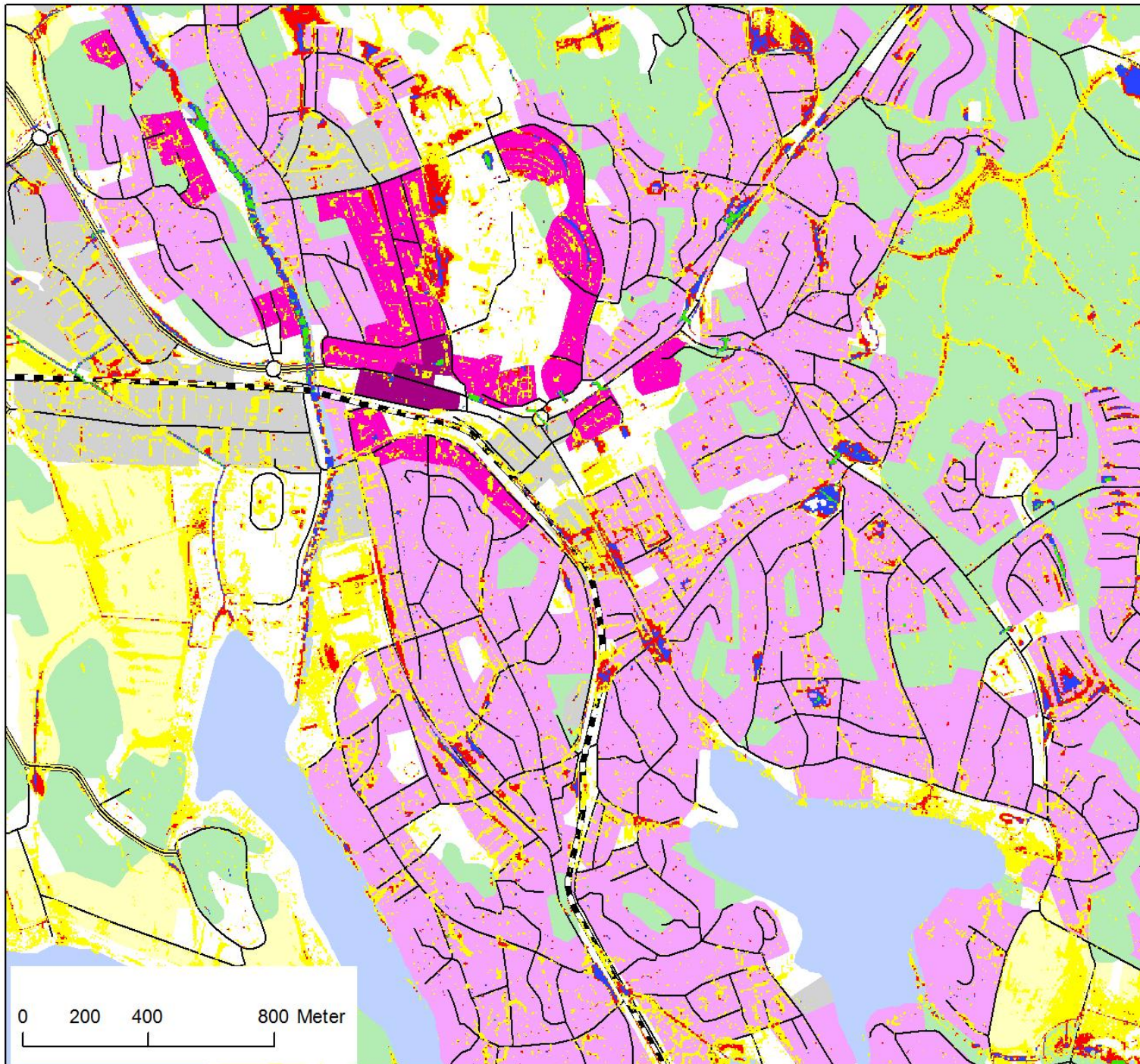
Bebyggelse

- Sluten bebyggelse
- Hög bebyggelse
- Låg bebyggelse
- Industriområde
- Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Översikt Österåkers kommun

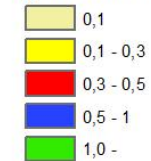




Karta 1: Centrala Åkersberga

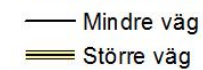
Förklaring

Vattendjup 100-årsregn (meter över marknivå)



— Roslagsbanan

Allmänna och enskilda vägar



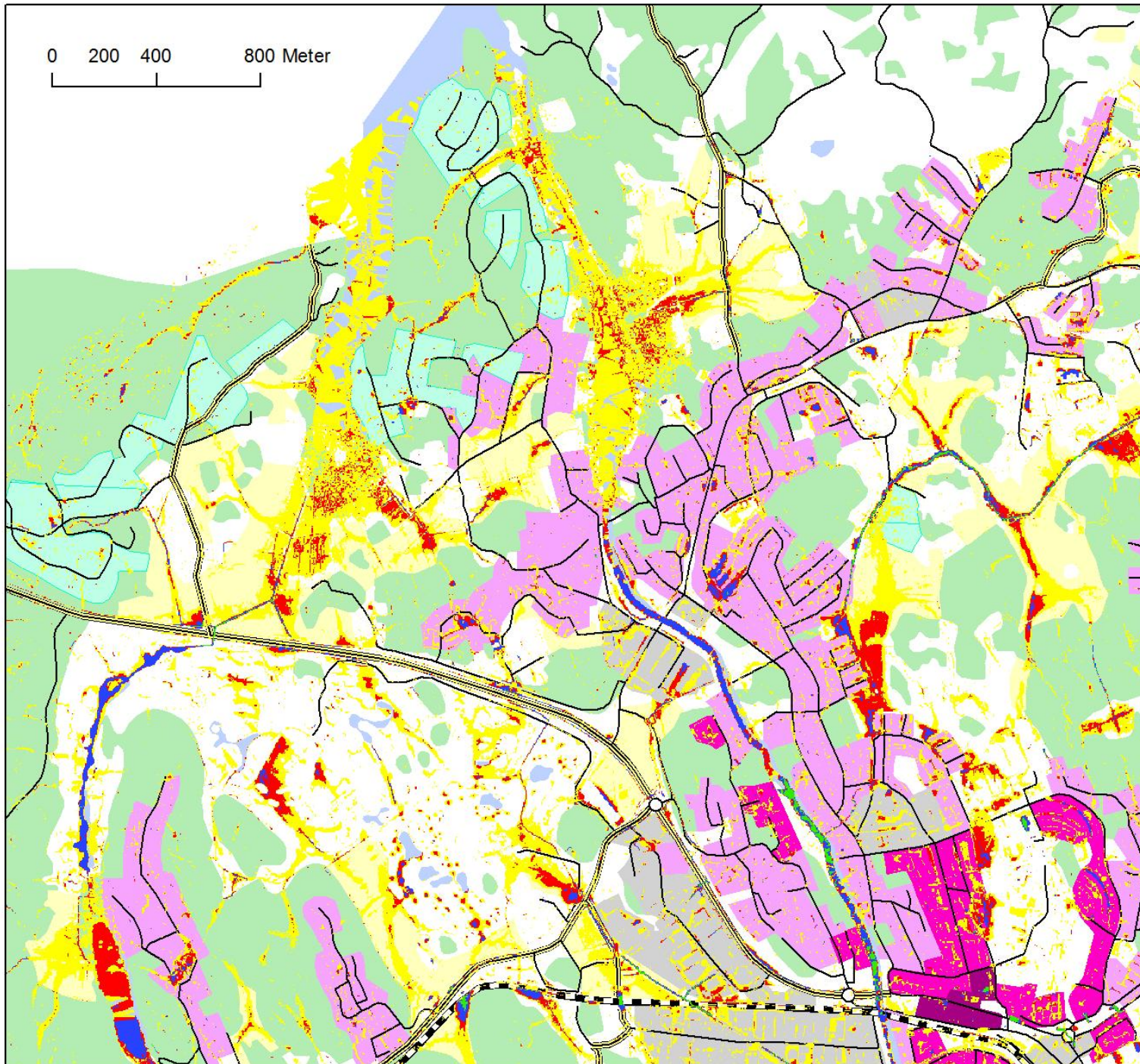
Bebyggelse



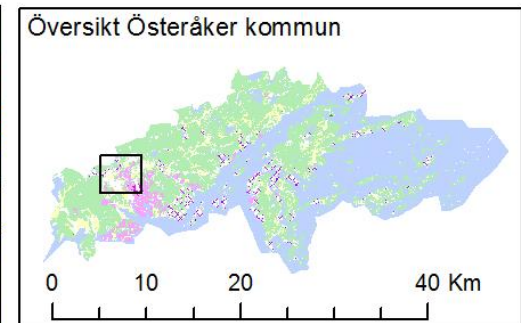
Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Structor

Miljöbyrån Stockholm AB



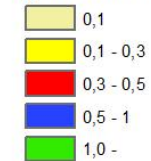
0 200 400 800 Meter



Karta 2: Åkersberga NV

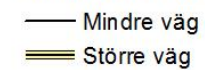
Förklaring

Vattendjup 100-årsregn
(meter över marknivå)



— Roslagsbanan

Allmänna och enskilda vägar



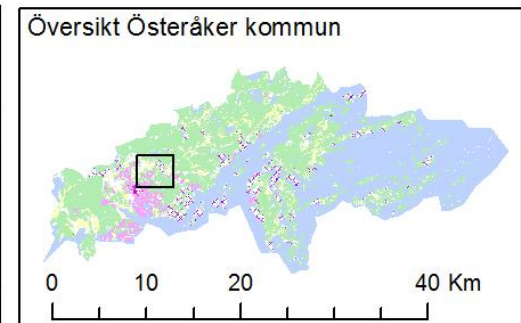
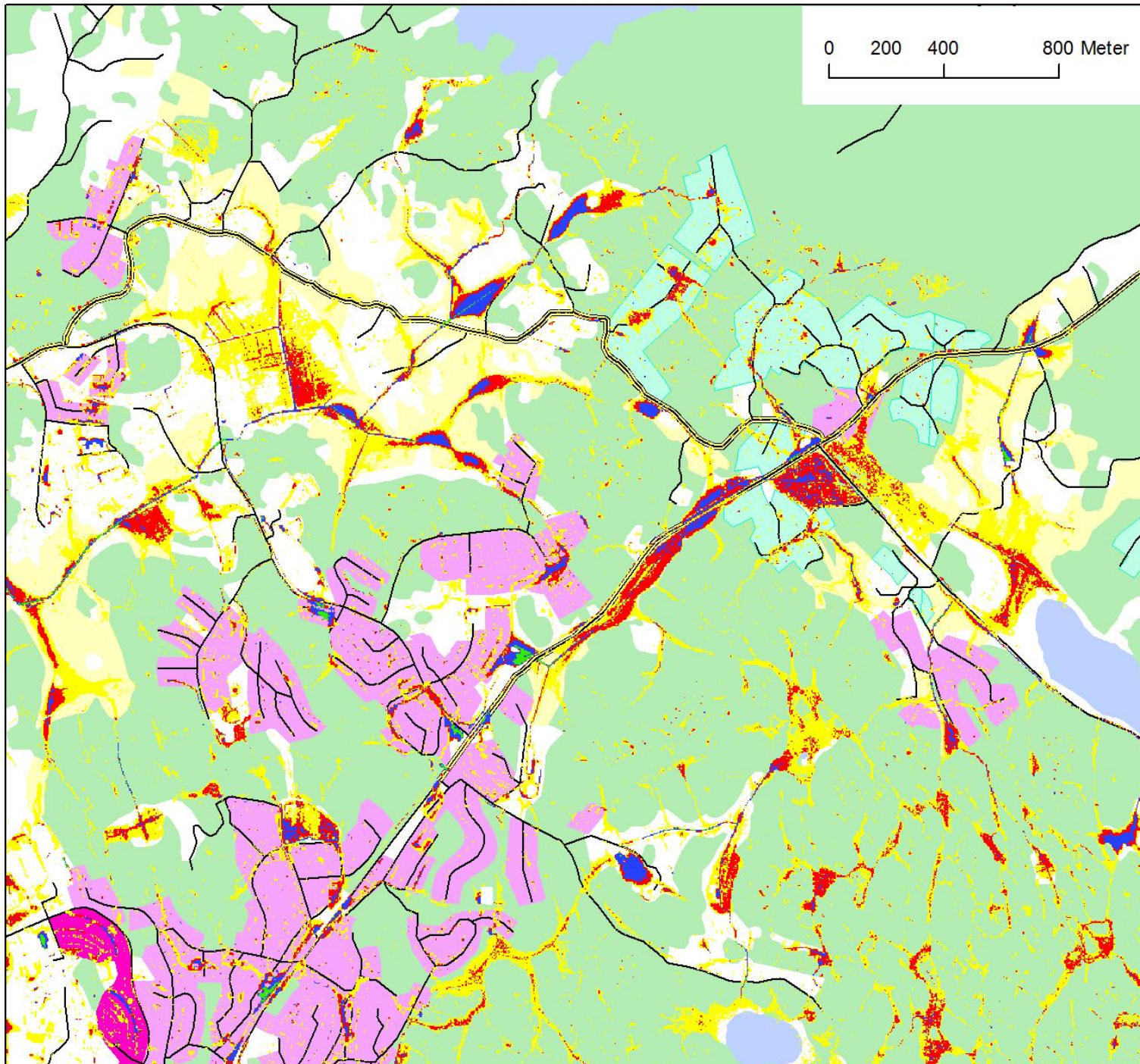
Bebyggelse



Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Structor

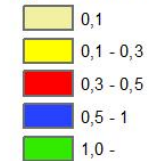
Miljöbyrån Stockholm AB



Karta 3: Åkersberga NO

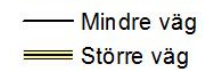
Förklaring

Vattendjup 100-årsregn (meter över marknivå)



— Roslagsbanan

Allmänna och enskilda vägar



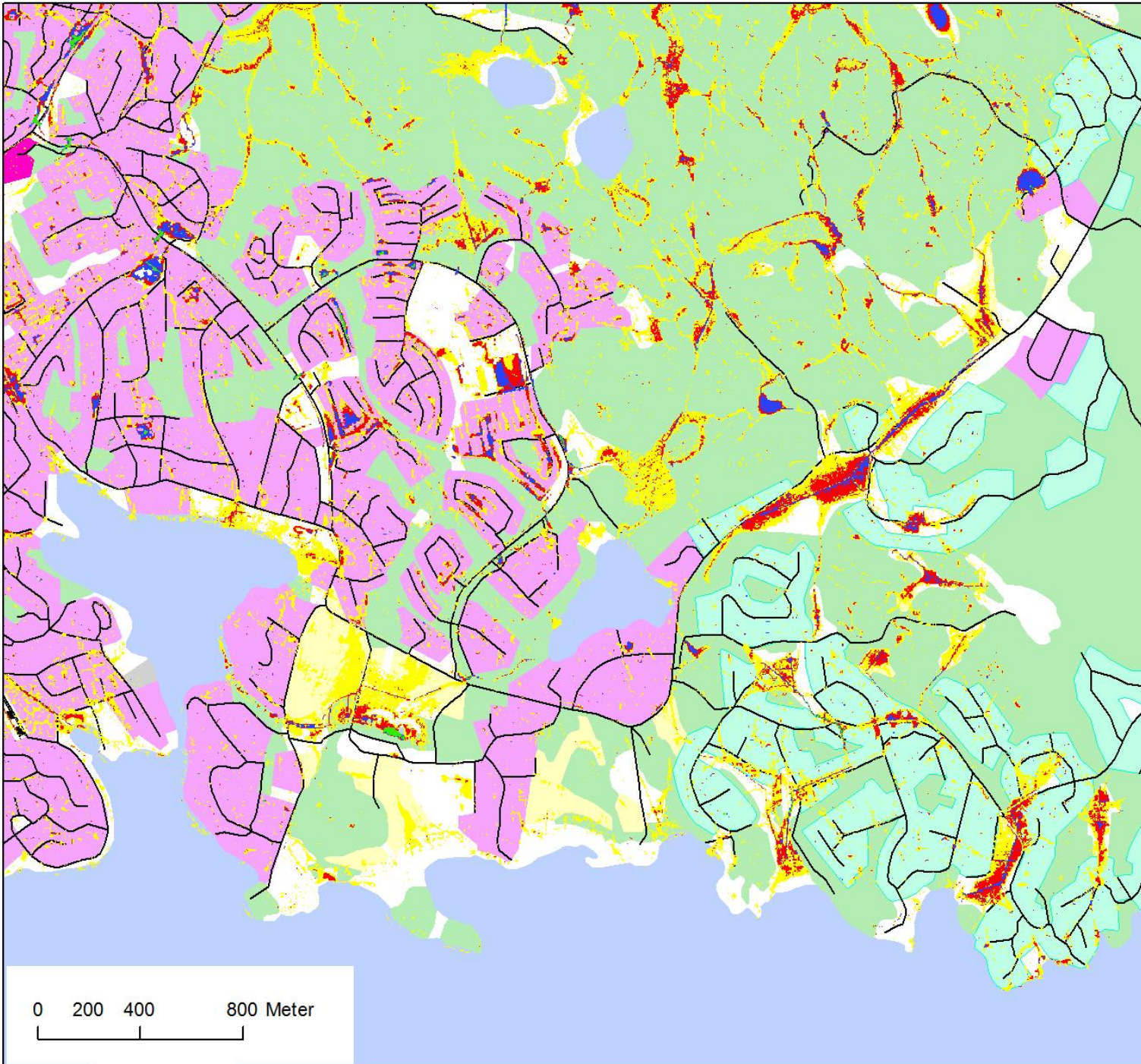
Bebyggelse



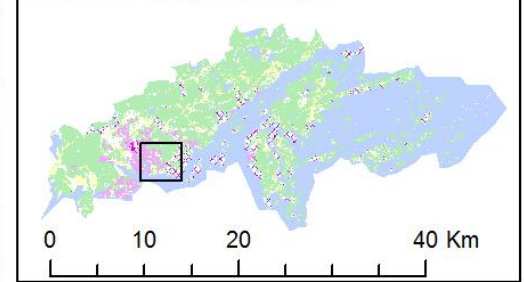
Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Structor

Miljöbyrån Stockholm AB



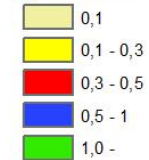
Översikt Österåker kommun



Karta 4: Åkersberga SO

Förklaring

Vattendjup 100-årsregn
(meter över marknivå)



Roslagsbanan

Allmänna och enskilda vägar

Mindre väg
 Större väg

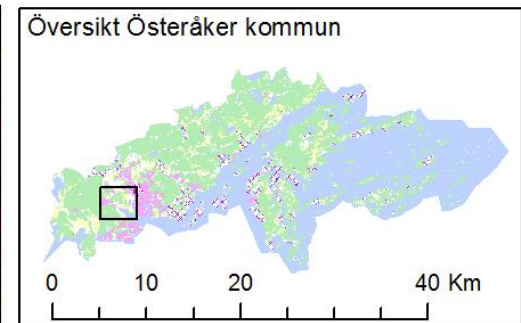
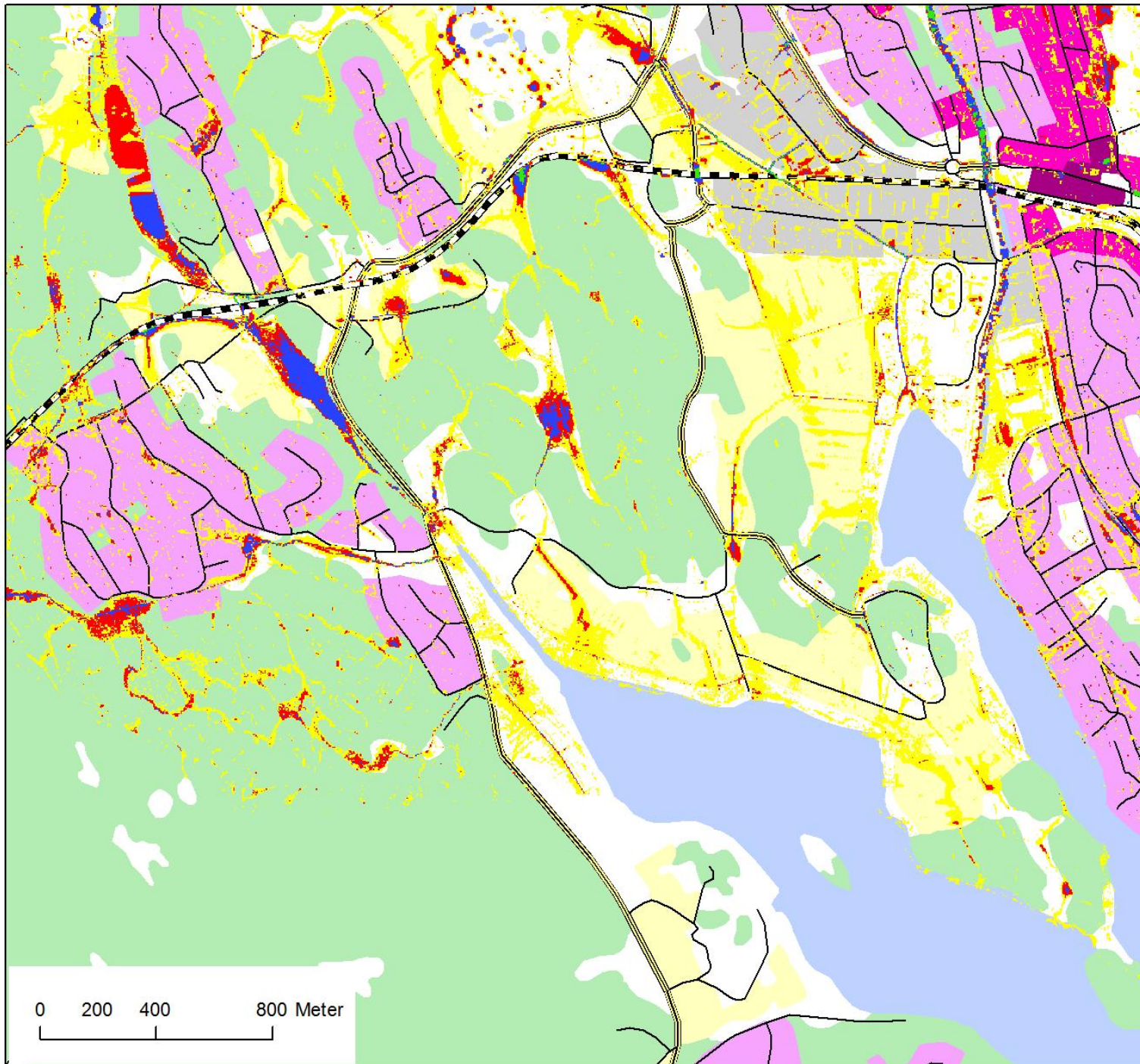
Bebyggelse

Sluten bebyggelse
 Hög bebyggelse
 Låg bebyggelse
 Industriområde
 Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter

Structor

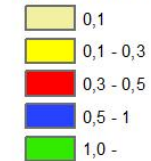
Miljöbyrån Stockholm AB



Karta 5: Åkersberga SV

Förklaring

Vattendjup 100-årsregn (meter över marknivå)



Roslagsbanan

Allmänna och enskilda vägar

Mindre väg
 Större väg

Bebyggelse

Sluten bebyggelse
 Hög bebyggelse
 Låg bebyggelse
 Industriområde
 Fritidsbebyggelse

Coordinate System: SWEREF99 18 00
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: SWEREF99
 False Easting: 150 000,0000
 False Northing: 0,0000
 Central Meridian: 18,0000
 Scale Factor: 1,0000
 Latitude Of Origin: 0,0000
 Units: Meter