

Gävleborgs län



Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys – naturolyckor

GÄVLEBORGS LÄN

Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys - naturolyckor

Datum:	2010-06-28
Diariernr	2-0906-0452
Uppdragsnr	14108
Uppdragsansvarig	Bengt Rydell
Handläggare	Ann-Christine Hågeryd, Stefan Falemo, Ingrid Södergren och Johan Axelsson, SGI Dan Eklund, Sofia Åström och Amund Lindberg, SMHI

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	5
1 BAKGRUND OCH SYFTE	9
2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR	10
2.1 METOD FÖR KLIMAT- OCH SÅRBARHETSANALYS	10
2.2 KLIMAT- OCH SÅRBARHETSANALYS FÖR GÄVLEBORGS LÄN	10
2.3 UNDERLAGSMATERIAL	10
2.4 REDOVISNING AV RESULTAT	11
3 GEOLOGISKA OCH TOPOGRAFISKA FÖRHÅLLANDEN	12
4 KLIMATFÖRÄNDRINGAR	14
4.1 ALLMÄNT OM KLIMATSCENARIER	14
4.2 KLIMATFÖRÄNDRINGAR I GÄVLEBORGS LÄN	15
4.2.1 Dagens klimat	15
4.2.2 Temperaturförändringar	15
4.2.3 Nederbördsförändringar	18
4.3 SAMMANFATTNING AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR	21
5 ÖVERSVÄMNING VID VATTENDRAG	22
5.1 FRAMTIDA KLIMATPÅVERKADE FLÖDEN	23
5.1.1 Använd metodik	23
5.1.2 Förändring av säsongsvariation	24
5.1.3 Förändring av 100-årsflöden i vattendrag	26
5.2 SAMMANFATTNING AV KLIMATPÅVERKADE FLÖDEN OCH FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ÖVERSVÄMNINGAR I VATTENDRAG	31
6 VATTENSTÅND I HAVET VID KLIMATFÖRÄNDRINGAR	33
6.1 FRAMTIDA HAVSNIVÅER	33
6.2 HAVSVATTENSTÅND IDAG OCH I FRAMTIDEN VID GÄVLEBORG	33
6.2.1 Använd metodik	33
6.2.2 Medelvattenstånd i framtiden	34
6.2.3 Extrema vattenstånd i framtiden	35
6.3 SAMMANSTÄLLNING AV NYARE UPPGIFTER FRÅN DEN INTERNATIONELLA FORSKNINGEN	38
6.4 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER FÖR FRAMTIDA HAVSNIVÅER	40
7 EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG	41
7.1 ÖVERSIKTLIG INVENTERING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EROSION	41
7.2 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EROSION LÄNGS KUSTEN	42
7.2.1 Erosionsförutsättningar i Gävleborgs län	42
7.2.2 Konsekvenser av klimatförändringar	43
7.3 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EROSION LÄNGS VATTENDRAG	43
7.3.1 Erosionsförutsättningar i Gävleborgs län	43
7.3.2 Konsekvenser av klimatförändringar	44
8 SKRED OCH RAS	45
8.1 ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SKRED OCH RAS	45
8.2 INVENTERING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SKRED OCH RAS I GÄVLEBORGS LÄN	46
8.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR SLAMSTRÖMMAR	47
8.4 KONSEKVENSER AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR	47
9 RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET	50
9.1 RISKER FÖR NATUROLYCKOR	50
9.2 BEBYGGELSE	51

9.3	FÖRORENAD MARK	52
9.4	MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT	54
9.5	VÄGAR OCH JÄRNVÄGAR	56
9.6	FLYGFÄLT	57
9.7	HAMNAR	57
9.8	DAMMAR	58
10	STRATEGIER OCH ÅTGÄRDER FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR	60
10.1	STRATEGIER FÖR MARKANVÄNDNING	60
10.2	FÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER MOT NATUROLYCKOR	61
11	REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING	62
12	BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR	64
13	REFERENSER OCH UNDERLAGSMATERIAL	66
BILAGOR		
Bilaga 1: KLIMATSCENARIER		
Bilaga 2: FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENAD MARK, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT		
Bilaga 3: FÖRTECKNING ÖVER GIS-SIKT		
KARTOR		

SGI

2010-06-28

2-0906-0452

Gävleborgs län

Översiktlig regional klimat och sårbarhetsanalys - naturolyckor

SAMMANFATTNING

I samband med arbetet med den regionala klimatanpassningen i Gävleborgs län har Länsstyrelsen Gävleborg gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Med utgångspunkt från befintliga uppgifter har områden i Gävleborgs län identifierats där det finns förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning som kan medföra skador på befintlig bebyggelse, infrastruktur eller samhällsviktig verksamhet. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala klimatanpassningsarbete och vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till specifika skydds- och anpassningsåtgärder till följd av potentiella risker för naturolyckor.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar måste genomföras på kommunal nivå för att klargöra behov av åtgärder där det finns risker för naturolyckor.

Geologi och topografi

Jordförhållandena i Gävleborgs län kännetecknas av att större delen av länet utgörs av morän. Vidsträckt lerområden återfinns närmast kusten, exempelvis vid Hudiksvall och Söderhamn och i de flesta låglänta områden. Generellt är lerans mäktighet endast ett fåtal meter och den underliggande moränen går i dagen på flera ställen.

I Gävleborgs län är höjdskillnaderna mellan terrängens högsta och lägsta partier inom kustzonen upp till 50 m medan den i inlandet är mer än 300 m. Starkast brutenhet uppvisar området kring Dellensjöarna.

Klimatförändringar

Klimatanalyser innehåller ett stort mått av osäkerhet. De olika klimatscenerierna har stor spridning men trender kan utläsas ur beräkningsresultaten.

Årsmedeltemperaturen beräknas öka successivt under det innevarande århundradet i Gävleborgs län. Mot slutet av seklet visar klimatscenerierna en temperaturökning på omkring 4-5°C jämfört med dagens förhållanden. Den största ökningen väntas enligt klimatscenerierna ske under vinterperioden.

Även *nederbörden* beräknas öka, framför allt under vintern, medan nederbörden under sommarmånaderna väntas vara relativt oförändrad. Scenerierna visar på en ökning av årsmedelnederbörden i slutet av seklet på ca 20 %.

Flöden och översvämningar i vattendrag

Klimatscenerierna visar på förändringar i *avrinningens säsongsfördelning*. För de större vattendragen i Gävleborgs län pekar medelvärdena av klimatscenerierna på en tidigare vårfloed med lägre flödestopp i slutet av seklet. Detta beror på minskade snömagasin till följd av högre temperaturer vintertid. Av samma skäl förväntas tillrinningen öka vintertid medan tillrinningen sommartid bedöms vara relativt oförändrad eller minska något. Detta beror på något högre temperaturer och ökad avdunstning tillsammans med relativt oförändrad nederbördsutveckling. Sammantaget innebär detta en längre varaktighet av medelhöga flöden medan mycket höga flöden, som idag återkommer framför allt under vårfloeden, blir mer ovanliga.

Klimatanalysen visar på en minskande trend av *100-årsflödens storlek* under detta sekel.

Omfattningen av *översvämmade områden* till följd av framtida 100-årsflöden längs de aktuella vattendragen beror av flödernas storlek. De sammantagna medelvärdena av de klimatpåverkade flödena indikerar en minskning av storleken på 100-årsflöden under detta sekel jämfört med referensperioden. Översvämningar till följd av framtida 100-årsflöden bedöms därför inte blir mer omfattande än översvämningar till följd av dagens 100-årsflöde. I denna utredning har inga beräkningar gjorts för framtida Beräknat högsta flöde (Bhf).

Framtida havsnivåer

Med utgångspunkt från internationella sammanställningar och rekommendationer behöver ställning tas till vad som kan vara relevant för svenska förhållanden när det gäller framtida havsnivåer. Med nuvarande kunskap kan endast lämnas ett riktvärde för den globala höjningen av medelvattennivån i havet med storleksordningen 30 cm till år 2050 och 100 cm år 2100. Klimatscenerierna indikerar nämligen en snabbare höjning efter mitten av detta sekel.

Detta innebär för Gävleborgs län att ett riktvärde för den *framtida medelvattennivån* i havet kan vara 50-60 cm höjning i länet jämfört med dagens förhållanden och med hänsyn tagen till landhöjningen.

Extrema vattenstånd kan bedömas uppgå till 193 cm över dagens medelvattennivå i norra delen av länet och 207 cm för södra delen för perioden 2071-2100.

Erosion vid kuster och vattendrag

Områden med förutsättningar för *erosion längs kusten* finns inom Gävle, Söderhamns, Hudiksvalls och Nordanstigs kommuner. Klimatförändringar kommer att medföra en högre havsnivå vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. Samtidigt motverkas detta av den pågående landhöjningen. För bedömning av den långsiktiga erosionen används normalt havets medelvattennivå. Det innebär att storleksordningen 15 till 55 m av kusten från nuvarande strandlinje kan komma att påverkas av ökad erosion utöver den erosion som redan förekommer.

Dessutom tillkommer lokala effekter på erosionen till följd av stormar, översvämning och tillfälliga högvatten eller andra säsongsbetonade effekter. För att ta hänsyn till dessa förhållanden kan göras ett schablonlägg med ca 25 %.

Förutsättningar för *erosion längs vattendrag* finns utmed sträckor vid Ljusnan, Voxnan, Gavleån, Jädraån och Testeboån. Klimatscenarier för perioden 2071-2100 visar på ökade medelvattenflöden medan de i andra områden kan komma att vara oförändrade eller minska något. Flödena kommer också att förändras mellan olika årstider. I huvudsak förväntas medelhöga vattenflöden komma att få längre varaktighet. Detta innebär att för större delen av länet kan erosionen längs vattendrag komma att öka.

Skred och ras

Skred och ras är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador dels på mark och byggnader inom det drabbade området, dels inom nedanförliggande markområden där massorna hamnar. I denna utredning redovisas områden med förutsättningar för skred och ras enligt MSB:s översiktliga stabilitetskartering för Gävleborgs län. Sådana områden finns i lerområden med större utsträckning närmast kusten, exempelvis vid Hudiksvall och Söderhamn, i de flesta låglänta områden och i anslutning till vattendrag. För dessa områden kan inte säkerställas att stabiliteten är tillfredsställande utan här behöver mer detaljerade utredningar genomföras.

Det bör också observeras att det kan finnas risker för ras och skred inom andra områden som inte är bebyggda, eftersom MSB:s kartering är begränsad till befintlig bebyggelse.

Förändrade nederbördsförhållanden kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, portryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Samtliga dessa förändringar kan var för sig eller i kombination försämra säkerheten mot stabilitetsbrott. En generell studie visar att det är rimligt att anta en försämring av säkerheten på mellan 5 och 30 %. Det betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla.

Risker för bebyggelse och samhällsviktig verksamhet

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra områden som kan påverkas av naturolyckor och med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Det finns förutsättningar för naturolyckor (skred, ras, erosion och översvämning) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar.

Bebyggelse och samhällsviktig verksamhet med förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på kartor för olika delar av länet samt för hela länet. Härav framgår att känsliga områden är främst lokaliserade till flera av tätorterna i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet.

Strategier och åtgärder för skydd mot naturolyckor

Med hänsyn till klimatförändringar bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade *säkerhetsmarginaler* vid långsiktig fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning eller erosion.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en *flexibel markanvändning*, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet. För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred och ras finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse.

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

Rekommendationer för fysisk planering och befintlig bebyggd miljö

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida utbyggnadsområden. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna av klimatet påverkar situationen negativt. För att få underlag för en specifik plats krävs en undersökning av topografin, aktuella jord- och vattenförhållandena och belastningssituationen på den platsen.

För *exploateringsområden* är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål. Hänsyn måste då tas till risker för skred, ras, erosion och översvämning och en utgångspunkt måste då vara livslängden hos bebyggelse, anläggningar, transportinfrastruktur etc., normalt mer än 100 år. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas.

Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö som bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom länet. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Markanvändningen inom områden med förorenad mark, miljöfarlig verksamhet eller riskobjekt bör föregås av en översiktlig utredning för bedömning av risker. Hänsyn ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och de följd effekter (ras, skred, erosion och översvämning) som redovisas i denna utredning.

Dammar

För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. Arbete pågår på nationell nivå med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat.

Kompletterande undersökningar

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

1 BAKGRUND OCH SYFTE

I samband med arbetet med den regionala klimatanpassningen i Gävleborgs län finns behov av att klargöra vilka risker som finns till följd av klimatförändringar. En av aktiviteterna är att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Länsstyrelsen Gävleborg har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att genomföra en sådan inventering. Uppdraget har avgränsats till att omfatta områden med förutsättningar för naturolyckor av typen skred, ras, erosion och översvämning. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Med utgångspunkt från befintliga uppgifter har områden i Gävleborgs län identifierats där det finns förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning som kan medföra skador på befintlig bebyggelse, infrastruktur eller samhällsviktig verksamhet. Inventeringen har beaktat risker som kan uppkomma till följd av framtida klimatförändringar och som kan orsaka större olyckor eller extraordinära händelser. Resultaten ska kunna användas för fortsatta arbete med klimatanpassning i länets kommuner.

Arbetet ingår också som en del i Interreg-projektet BalticClimate som har till syfte att bland annat klargöra risker och behov av anpassningsåtgärder till följd av klimatförändringar men också att identifiera möjligheter till regional utveckling.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar måste genomföras för att närmare klargöra behov av åtgärder, där det finns risker för naturolyckor. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsernas arbete med regional klimatanpassning respektive för kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till skydds- och anpassningsåtgärder för samhällsviktig verksamhet till följd av potentiella risker för naturolyckor.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys

I utredningen har använts den metod som SGI och SMHI har utvecklat för klimat- och sårbarhetsanalyser och som utgår från en värdering dels av förutsättningarna för ny exploatering, dels anpassningsbehov för befintlig bebyggd miljö till följd av klimatförändringar. Detaljeringsgraden i analysen anpassas till aktuell planeringsnivå, vilket även gäller omfattningen av underlagsmaterial. För Gävleborgs län har analysen omfattat att översiktligt klargöra sådana förhållanden och områden där det kan finnas risk för översvämning, erosion av stränder vid kuster och vattendrag samt skred/ras i dagens klimat och vid framtida klimatförändringar.

Denna utredning redovisar översiktligt förutsättningar och bedömda risker för naturolyckor i Gävleborgs län. Redovisningen avser att ge en bild över var det kan finnas riskområden som närmare behöver analyseras.

2.2 Klimat- och sårbarhetsanalys för Gävleborgs län

Utredningen har omfattat:

- Översiktlig beskrivning av geologiska och topografiska förhållanden i Gävleborgs län.
- Beskrivning av klimatscenarier och förväntade klimatförändringar i länet.
- Översiktlig bedömning av förändrade risker för höga flöden för större vattendrag i länet vid framtida klimat.
- Beräkning av framtida havsvattenstånd med olika återkomsttider för dagens och framtidens klimat.
- Översiktlig bedömning av ras-, skred- och erosionsrisker inom bebyggda områden idag och i ett framtida klimat.
- Med utgångspunkt från risker för naturolyckor har identifierats bebyggelse och samhällsviktig verksamhet som transportinfrastruktur, vattenkraftsdammar, miljöfarlig verksamhet och förorenade markområden som kan vara i riskzonen för översvämning, ras, skred och erosion.
- Strategier och rekommendationer för anpassning till förändrat klimat för befintlig bebyggd miljö och vid fysisk planering.

Resultaten redovisas i denna rapport inklusive kartor över länet med identifierade riskområden, principförslag till åtgärder för att minska och förebygga risker och skador i riskutsatta områden samt förutsättningar för den fysiska planeringen.

2.3 Underlagsmaterial

Utredningen har baserats på sammanställning och värdering av befintligt material med uppgifter om förutsättningar för naturolyckor som finns hos länsstyrelsen, SGI och andra myndigheter, t.ex. skredriskinventering, översvämningsskartering, geologiskt och topografiskt kartmaterial.

Klimatförändringar för Gävleborgs län beskrivs utifrån de regionala scenarier som SMHI har sammanställt baserat på resultat från bland annat ENSEMBLES-projektet och presenterade scenarier för havsnivåer enligt Delta-kommissionen.

Det bör observeras att underlagsmaterialet har varierande detaljeringsgrad. Några nya undersökningar eller inventeringar har inte ingått i denna utredning med undantag av en inventering av erosionsförutsättningar längs vattendrag. Det har inte ingått i denna utredning att inventera om det i kommunerna pågår eller på senare tid utförts utredningar som underlag för klimatanpassning. Underlagsmaterial, kontakter och referenser som använts i utredningen framgår av kapitel 13.

2.4 Redovisning av resultat

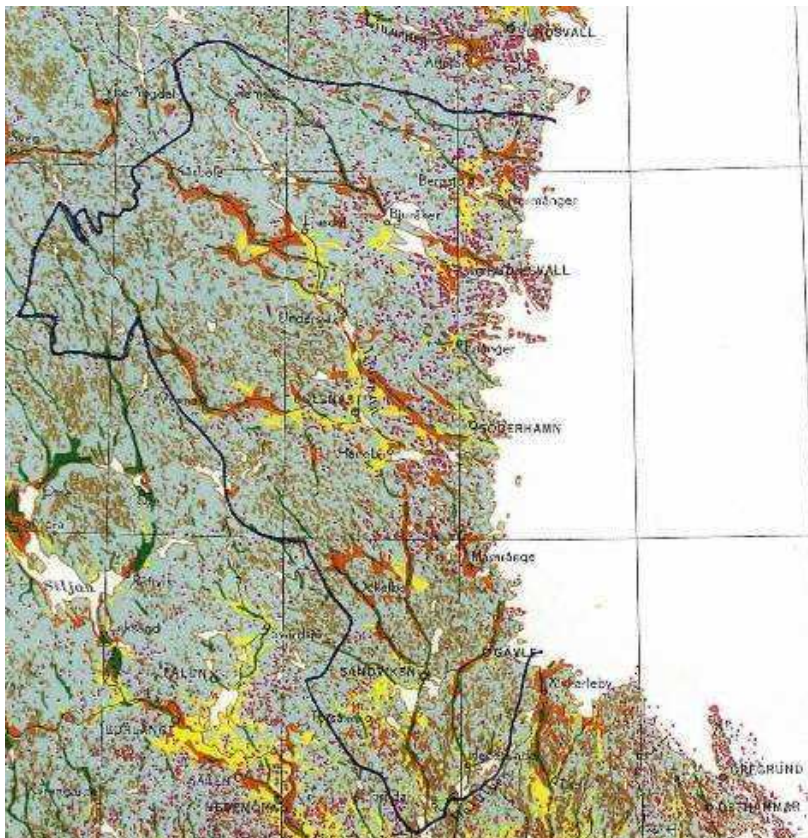
Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A2. Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassad till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstöras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-skikt för olika analysdelar och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.

3 GEOLOGISKA OCH TOPOGRAFISKA FÖRHÅLLANDEN

Gävleborgs län karakteriseras av den stora skillnaden mellan landformerna inom kustzonen och i inlandet. Höjdskillnaderna mellan terrängens högsta och lägsta partier inom kustzonen är upp till 50 m medan den i inlandet är mer än 300 m. Starkast brutenheter uppvisar området kring Dellensjöarna. Kustslätten, eller som den brukar kallas ”Norrländska strandflaten”, har betydande bredd i söder, men smalnar alltmer mot norr. Mellan Hudiksvall och norra länsgränsen finns ingen markerad kustslätt. Inlandet karakteriseras av bergkulleterräng med mer eller mindre starkt brutna former, den så kallade ”Norrlandsterrängen”.

Jordförhållandena i Gävleborgs län har huvudsakligen präglats av den senaste istiden, som upphörde för ca 9 500 år sedan, samt av den efterföljande landhöjningen. Under istiden var området täckt av ett ca två till tre kilometer tjockt istäcke. Inom större delen av länet utgörs det översta jordtäcket av morän. Moränen har bildats genom direkt materialavlagring från inlandsisen. Moränen utgör ofta ett mer eller mindre jämnt jordtäck som följer de storskaliga berggrundsformerna. Morän och isälvssediment är delvis täckta av yngre finsediment av silt och lera. På höjder och sluttningar har moränen ofta omlagrats av vågorna till svallgrus och svallsand, som kan ha en betydande mäktighet (upp till 6-7 m).



Figur 3-1. Översiktskarta över de geologiska förhållandena i Gävleborgs län. Källa: Atlas över Sverige.

Kalt berg har stor utbredning, framför allt i kusttrakterna i den norra delen av länet. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergssidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager.

Den högst belägna strandnivån efter istiden kallas Högsta Kustlinjen (HK). Allra högst i Gävleborgs län, 257 m över nuvarande havsnivå, ligger HK vid Åsberget ca 3 mil norr om Hudiksvall. De områden som låg under HK var tidigare havsområden och fjärdar, som stod i kontakt med Bottenhavet. På botten av dessa havsområden och fjärdar avlagrades finkorniga sediment bestående av lera och siltig lera samt ställvis av sulfidjord (sulfidlera och sulfidsilt, äldre beteckning "svartmocka"). Dessa sediment är mäktigast vid kusten för att successivt minska in mot land och helt upphöra vid HK-gränsen.

En stor älv, Ljusnan, rinner genom länet och mynnar i Bottenhavet vid Ljusne strax söder om Söderhamn. Andra större vattendrag är Voxnan, som mynnar i Voxsjön, Svågan, som mynnar i norra Dellen och Jädraån, som mynnar i Storsjön vid Sandviken. Testeboån och Gavleån mynnar i Bottenhavet vid Gävle. I söder rinner Dalälven genom länet. Älvsediment påträffas längs äldalarna hela vägen nedströms HK. Där älvar och vattendrag har mynnat ut i numera torrlagda fjärdar har på många ställen sand och silt avlagrats ovanpå tidigare avlagrade fjärd- och havssediment bestående av lera, siltig lera och sulfidjord. Efterhand som landhöjningen har fortskridit har sedan älven eroderat sig ned i dessa sediment varvid rasbranter har utbildats, så kallade nipor.

Vidsträckta lerområden återfinns närmast kusten, exempelvis vid Hudiksvall och Söderhamn, och i de flesta låglänta områden under HK. Generellt är lerans mäktighet endast ett fåtal meter och den underliggande moränen går i dagen på flera ställen. I trakterna kring Storsjön har dock uppmäts mäktigheter på mer än 4 m varvig glacial lera på sandig morän. Leran är i huvudsak av glacialt ursprung, dvs. har bildats i samband med inlandsisens avsmältning. Postglacial lera (avsatt i hav efter inlandsisen) överlagrar glacial lera i en del lågpartier, särskilt i anslutning till områden med torv.



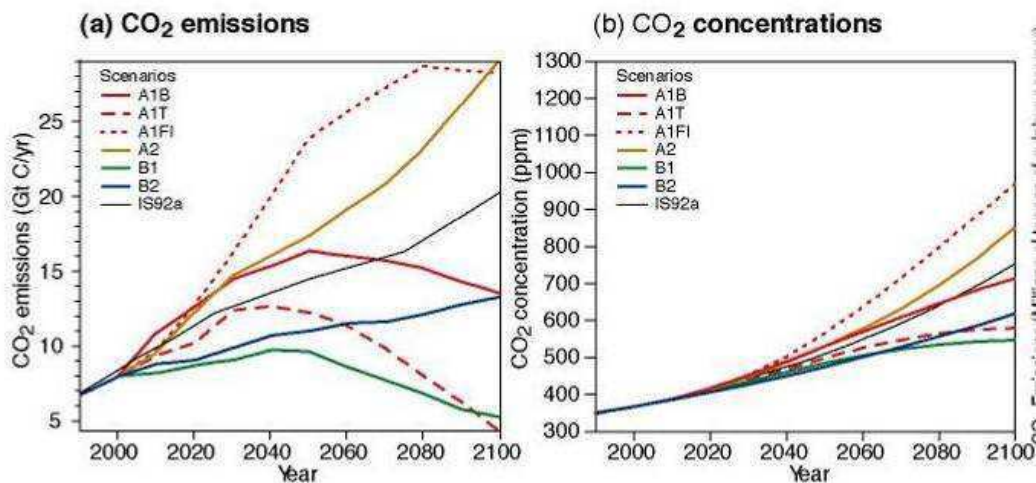
Figur 3-2. Exempel på topografi i Gävleborgs län. Foto: Lise Ekenberg

4 KLIMATFÖRÄNDRINGAR

4.1 Allmänt om klimatscenarier

För att få en översiktlig bild av framtidens klimat använder man sig av globala klimatmodeller (GCM). Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarioer. För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen i utkanten av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHI:s forskningsavdelning.

Genom att köra klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens respektive framtida förhållanden får man en bild av förändringen av klimatet, se Figur 4-1. Det är viktigt att komma ihåg att resultatet från alla beräkningar av det framtida klimatet baseras på antaganden om världens utveckling som är ganska pessimistiska. Man räknar normalt inte med effekterna av eventuella framgångsrika politiska förhandlingar för att minska utsläppen globalt. Det betyder att det så kallade tvågradersmålet som diskuteras som en rimlig målsättning inte antas uppnås. Under senare tid har dock även sådana beräkningar börjat göras.



Figur 4-1. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ och resulterande CO₂-koncentrationer enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. I denna utredning har använts en sammanvägning av olika scenarier. En närmare beskrivning av dessa och bakgrunden till klimatmodellering finns i Bilaga 1.

4.2 Klimatförändringar i Gävleborgs län

I detta kapitel redovisas temperatur- och nederbördsförhållanden för dagens och framtida klimat. En sammanfattning finns i kapitel 4.3.

4.2.1 Dagens klimat

I klimatsammanhang jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period. I enlighet med en internationell överenskommelse jämförs för närvarande framtida klimatvärden med den så kallade standardnormalperioden 1961-1990. Detta skall göras fram till år 2021 då en ny 30-årsperiod, 1991-2020, är fullbordad.

Observationer för nederbörd och temperatur har hämtats från SMHI:s areellt interpolerade databas, PTHBV-databasen, för att sammanställa dagens klimat i Gävleborgs län. Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4x4 km och börjar 1961.

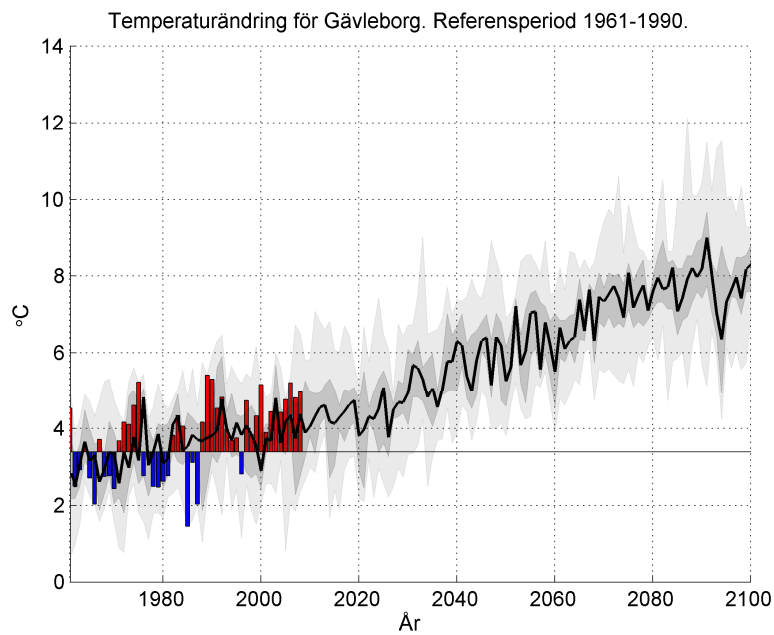
Medeltemperaturen i Gävleborgs län för perioden 1961-1990 var 3.4 °C. För perioden 1991-2008 (18 år) var medeltemperaturen 4.4 °C, det vill säga 1 °C högre än i den föregående 30-årsperioden.

Medelnederbörden i Gävleborgs län för perioden 1961-1990 var 677 mm/år. För perioden 1991-2008 (18 år) var medelnederbörden 698 mm/år, det vill säga 3 % högre än i den föregående 30-årsperioden.

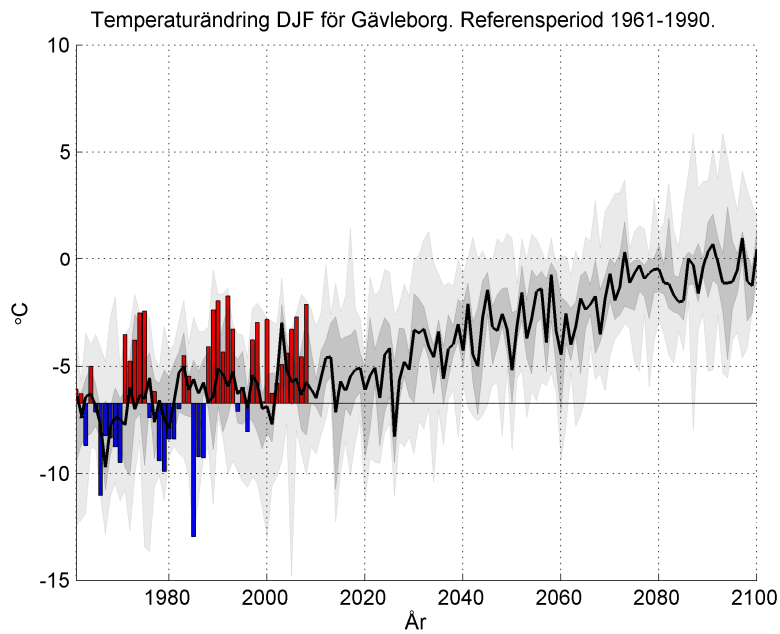
4.2.2 Temperaturförändringar

Utvecklingen av årsmedeltemperaturen i Gävleborgs län baserat på samtliga klimat-scenarier (se Bilaga 1) redovisas i Figur 4-2. Motsvarande för olika årstider finns i Figur 4-3 -- 4-6.

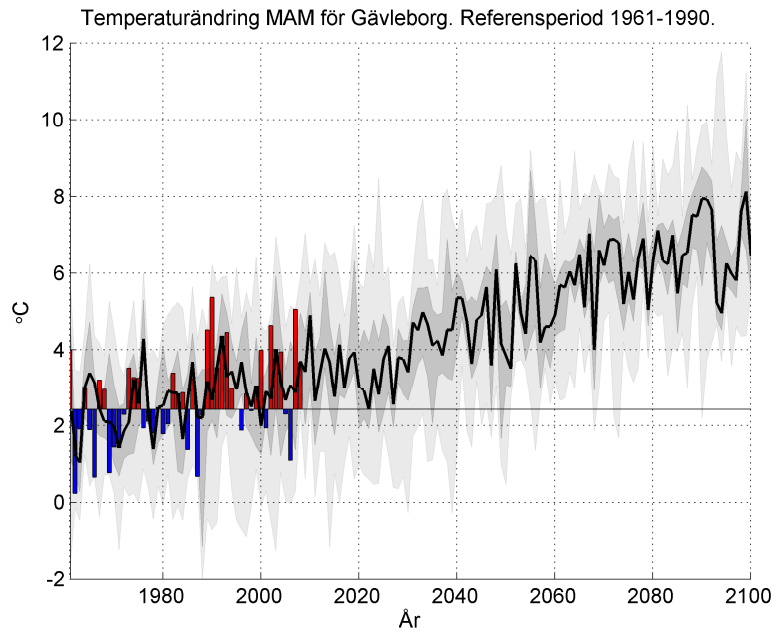
I samtliga figurer finns även observationer för samma område från PTHBV-databasen, röda staplar visar högre och blå staplar lägre temperaturer jämfört med medeltemperaturen för referensperioden (heldragna horisontella linjer). De olika skuggningarna avser uppifrån och nedåt: maximivärdet, 75 %-percentil, medianvärde (svart linje), 25 %-percentil och minimivärde av medeltemperaturer från samtliga klimatberäkningar.



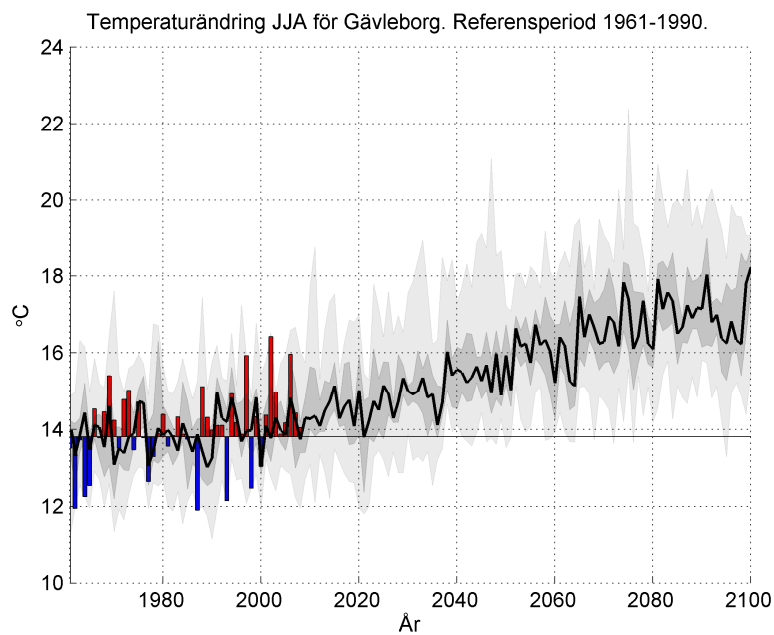
Figur 4-2. Den framtida beräknade utvecklingen av **årsmedeltemperaturen** i Gävleborgs län baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



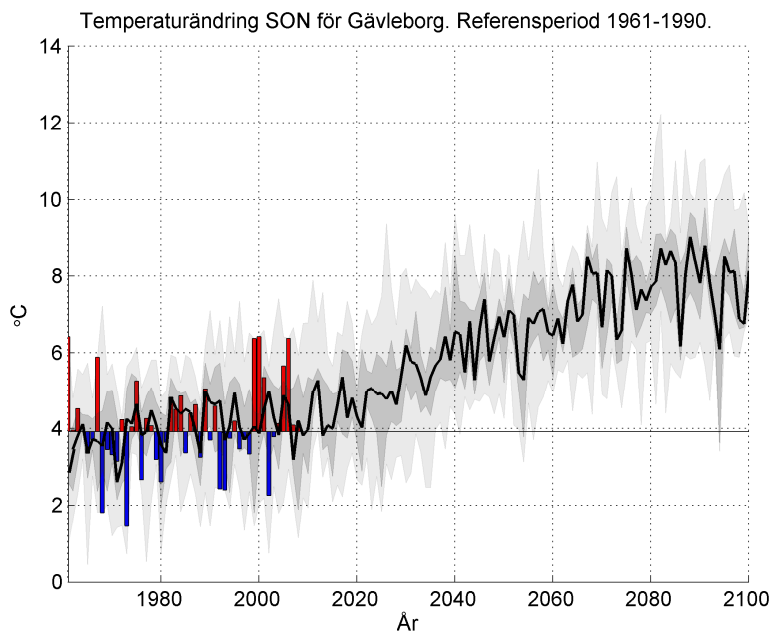
Figur 4-3. Den framtida beräknade temperaturutvecklingen i Gävleborgs län för **vintermånaderna** (december-februari) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



Figur 4-4. Den framtida beräknade temperaturutvecklingen i Gävleborgs län för **vår-månaderna** (mars-maj) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



Figur 4-5. Den framtida beräknade temperaturutvecklingen i Gävleborgs län för **sommarmånaderna** (juni-augusti) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1

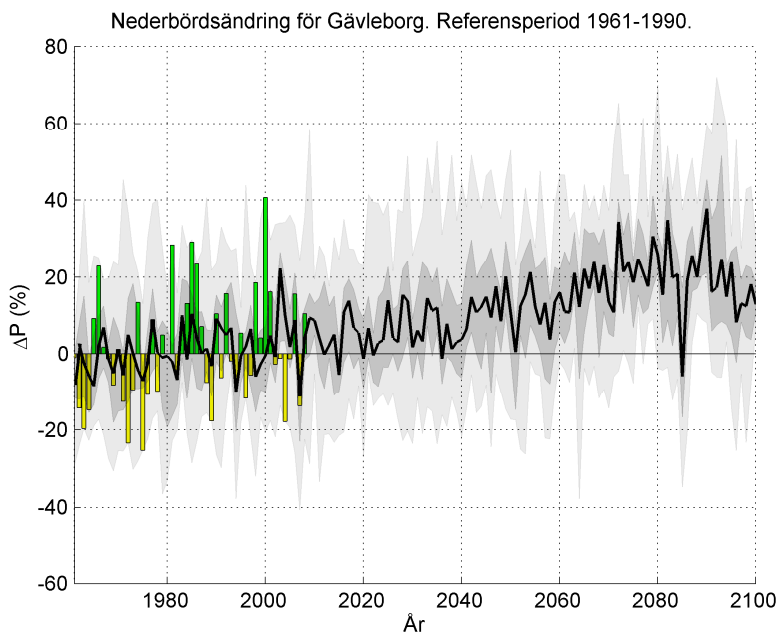


Figur 4-6. Den framtida beräknade temperaturutvecklingen i Gävleborgs län för **höst-månaderna** (september-november) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.

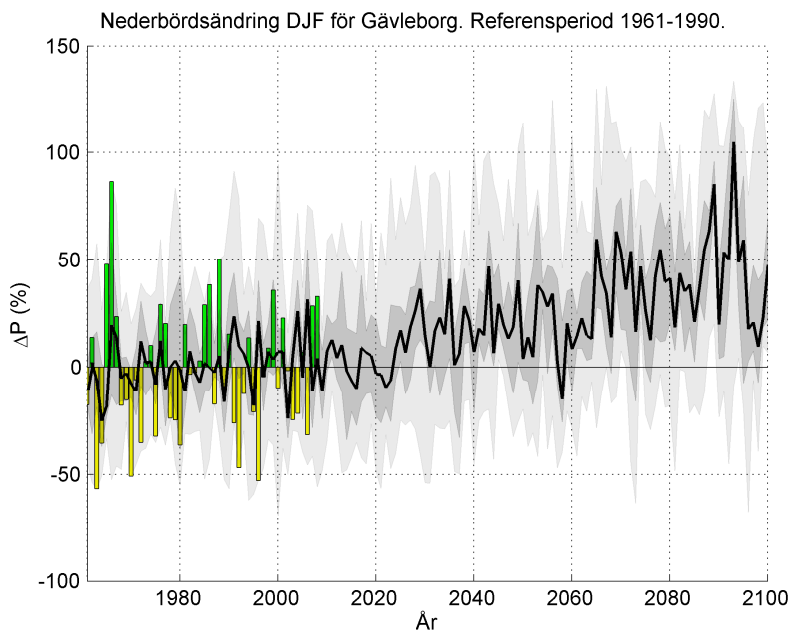
4.2.3 Nederbördsförändringar

Utvecklingen av årsmedelnederbörden i Gävleborgs län baserat på samtliga klimatscenarier visas i Figur 4-7. I Figur 4-8 -- 4-11 visas motsvarande data för de fyra årstiderna. I analysen har beräknad total årsnederbörd för åren 1961-2100 jämförts med den normala, medelvärdet för referensperioden 1961-1990, förändringen anges i %.

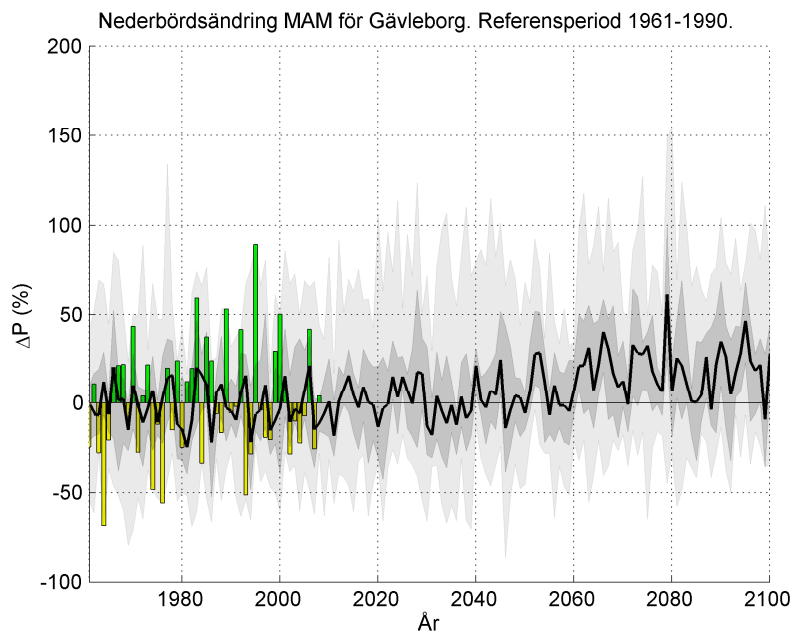
I samtliga figurer finns även observationer för samma område hämtade från PTHBV-databasen. Positiv avvikelse från medelvärdet 1961-1990 (677 mm/år) visas som gröna staplar och negativ avvikelse som gula staplar. De olika skuggningarna avser uppifrån och nedåt: maximivärde, 75 %-percentil, medianvärde (svart linje), 25 %-percentil och minimivärde från samtliga klimatberäkningar.



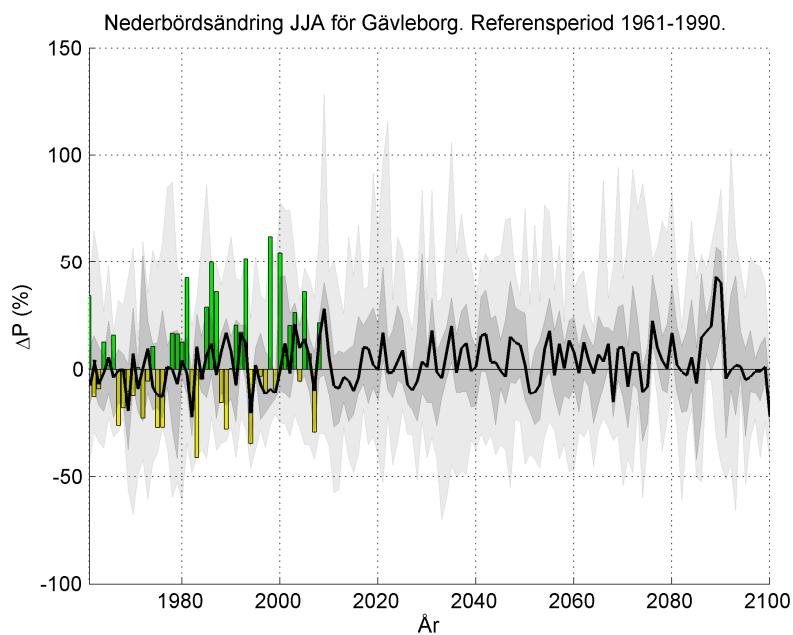
Figur 4-7. Den framtida beräknade procentuella årsnederbördsförändringen i Gävleborgs län baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



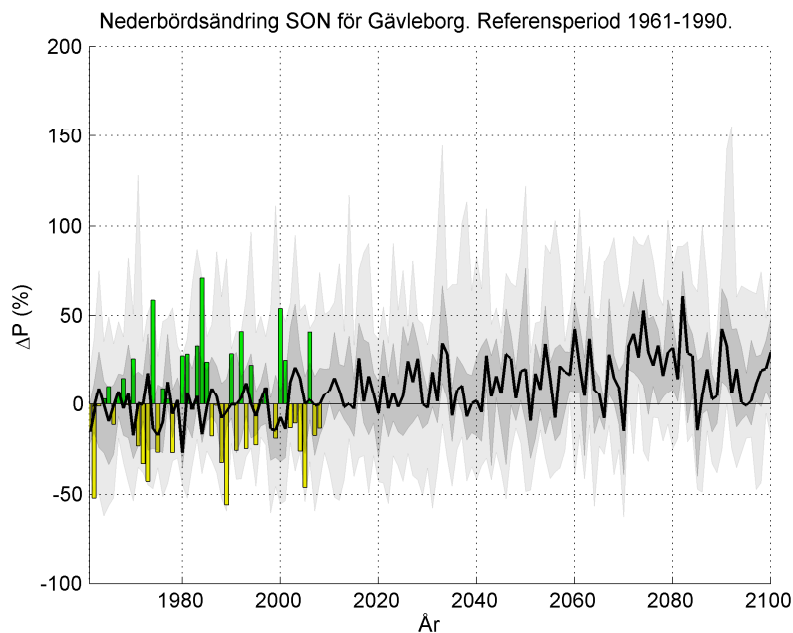
Figur 4-8. Den framtida beräknade procentuella nederbördsförändringen i Gävleborgs län för vintermånaderna (december – februari) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



Figur 4-9. Den framtida beräknade procentuella nederbördsförändringen i Gävleborgs län för *vårmånaderna* (mars-maj) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



Figur 4-10. Den framtida beräknade procentuella nederbördsförändringen i Gävleborgs län för *sommarmånaderna* (juni-augusti) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.



Figur 4-11. Den framtida beräknade procentuella nederbördsförändringen i Gävleborgs län för **höstmånaderna** (september-november) baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1.

4.3 Sammanfattning av klimatförändringar

De olika klimatscenarierna har stor spridning men trender kan utläsas ur beräkningsresultaten. Figurerna i kapitel 4.2.2 visar att **årsmedeltemperaturen** beräknas öka successivt under det innevarande århundradet i Gävleborgs län. Mot slutet av seklet visar klimatscenarierna en temperaturökning på omkring 4-5 °C mot medelvärdet för referensperioden 1961 – 1990. Den största ökningen väntas enligt klimatscenarierna ske under vinterperioden.

Ur figurerna i kapitel 4.2.3 kan utläsas att även **nederbörden** beräknas öka under detta århundrade, framför allt under vintern, medan nederbörden under sommarmånaderna väntas vara relativt oförändrad. Scenarioensemblen visar på en ökning av årsmedelnederbörden i slutet av seklet på ca 20 %.

Den naturliga variationen i nederbörd och temperatur är stor såväl idag som historiskt vilket observationerna i figurerna ger en bild av och variationerna kommer sannolikt vara stora även i framtiden.

5 ÖVERSVÄMNING VID VATTENDRAG

I detta kapitel redovisas framtida klimatpåverkade flöden i vattendrag, säsongsförändringar och förändring av 100-årsflöden. En sammanfattning finns i kapitel 5.2.

Översvämningsrisken i Gävleborgs län beror dels av havsvattenståndet, dels av vattenstånd i sjöar och vattendrag. Översvämningsrisken ökar när vattenståndet i havet är högt samtidigt som det är höga flöden i vattendragen. I denna utredning har framtida havsvattenstånd längs Gävleborgs läns kust beräknats, se kapitel 6. När det gäller översvämningskarteringar längs vattendrag har använts resultaten från Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB) tidigare genomförda översiktliga översvämningskarteringar för Delångersån, Ljusnan, Voxnan, Testeboån, Gavleån och Dalälven (Räddningsverket 1999 – 2002).

Resultaten från de översiktliga karteringarna har i denna utredning använts vid analys av risker för samhällsviktiga anläggningar. Vid analysen har valts att redovisa nivån för Beräknat högsta flöde (Bhf) som man i planeringssammanhang ofta används som en ”övre gräns”. Översvämningsområden framgår av Karta 1-3. Metoderna för beräkning av Bhf är framtagna enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammar av riskklass 1 (Svensk Energi, m.fl., 2007). När det gäller de översiktliga översvämningskarteringarna är det viktigt att veta att de bygger på en rikstäckande höjdmmodell (Lantmäteriets GSD-höjddata, 50 m rutnät) med ett medelfel i höjddled på upp till $\pm 2,5$ m. Inga nya ytnivåberäkningar i vattendrag eller översvämningsutbredningar har utförts inom detta uppdrag. Framtida översvämningsrisker beror av flödesutvecklingen i vattendragen vilka redovisas i följande kapitel. Framtida flödens säsongsvariation och förändring av 100-årsflöde har beräknats utifrån klimatscenerierna i Bilaga 1 för år 2050 och år 2098 för de tidigare översiktligt karterade vattendragen.

En annan typ av översvämningsrisker är de som orsakas av intensiva skyfall, främst sommartid, vid vilka dagvattensystemet inte förmår leda bort vattenmängderna. Konsekvenser av sådana händelser har inte studerats inom detta uppdrag.



Figur 5-1. Översvämning vid Gysinge. Foto: Anna Jansson, Länsstyrelsen Gävleborg.

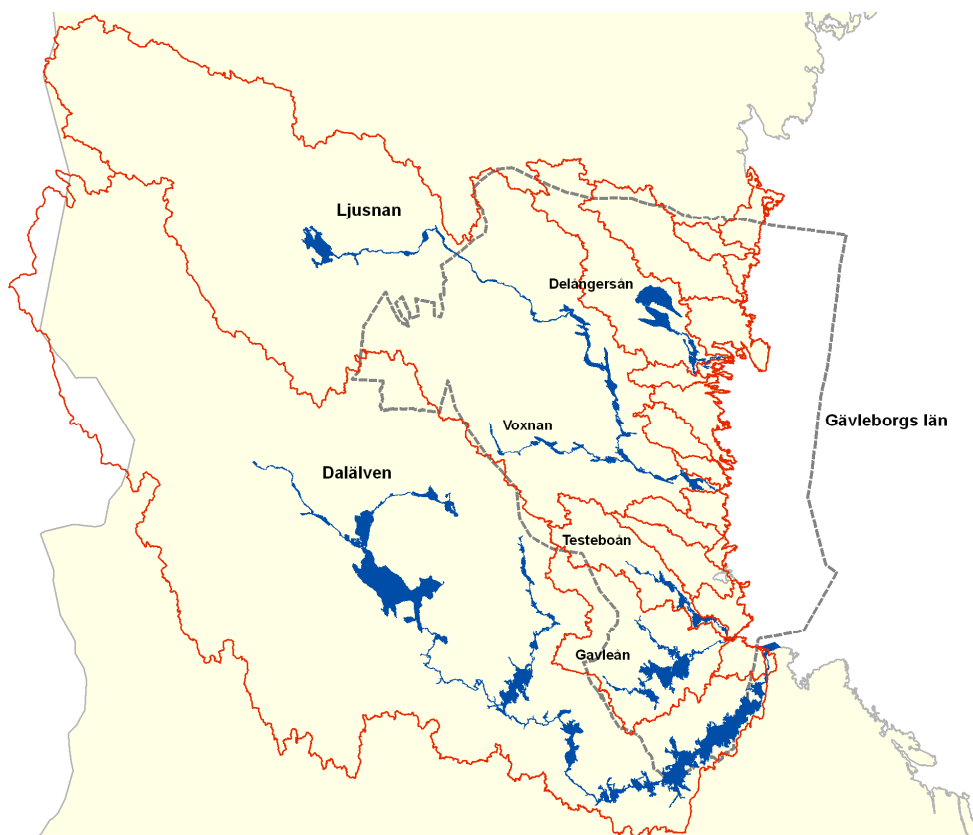
5.1 Framtida klimatpåverkade flöden

5.1.1 Använd metodik

I samband med klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60, bilaga B14) presenterades kartor över förväntad framtida förändring av 100-årsflöden. Vid dessa analyser användes fyra framtidsscenarier. Idag finns fler scenarier tillgängliga och i denna utredning har de 16 framtidsscenarier som beskrivs i Bilaga 1 använts för att studera flödesutvecklingen för vattendragen i Gävleborgs län.

För att analysera hur framtidens klimat påverkar hydrologin har använts en uppsättning av den hydrologiska HBV-modellen, utvecklad vid SMHI (Lindström m.fl., 1997). Inom Gävleborgs län delas modellen in i ca 80 hydrologiska delområden. HBV-modellen inkluderar rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg och uppehållstider). Som indata till modellen har de meteorologiska variablerna från klimatmodelleringarna använts. Resultaten är beräknade på den totala tillrinningen för varje delområde. Alla analyser är gjorda för oreglerade förhållanden. Då även referensperioden, med vilken de framtida beräkningsresultaten jämförs, är simulerad med oreglerade förhållanden fås en bild av den framtida flödesförändringen.

I kapitel 5.1.2 redovisas förändringen av flödets säsongsvariation i länets större vattendrag som tidigare blivit översiktligt översvämningsskarterade (Delångersån, Ljusnan, Voxnan, Testeboån, Gavleån och Dalälven) utifrån de olika klimatscenarierna. I kapitel 5.1.3 redovisas förändringen av 100-årsflöden baserat på frekvensanalys av flödesresultaten från klimatscenarierna. I Figur 5-2 finns en översikt av Gävleborgs läns större vattendrag.

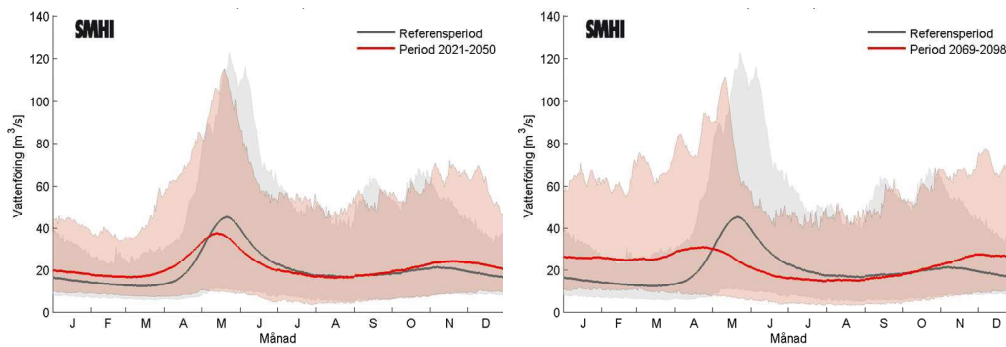


Figur 5-2. Större vattendrag i Gävleborgs län. Röda linjer visar vattendragens huvudavrinningsområden i sin helhet. Översvämningsytor från de översiktliga översvämningskarteringarna för Delångersån, Ljusnan, Voxnan, Testeboån, Gavleås och Dalälven syns i blått (Räddningsverket 1999 – 2002).

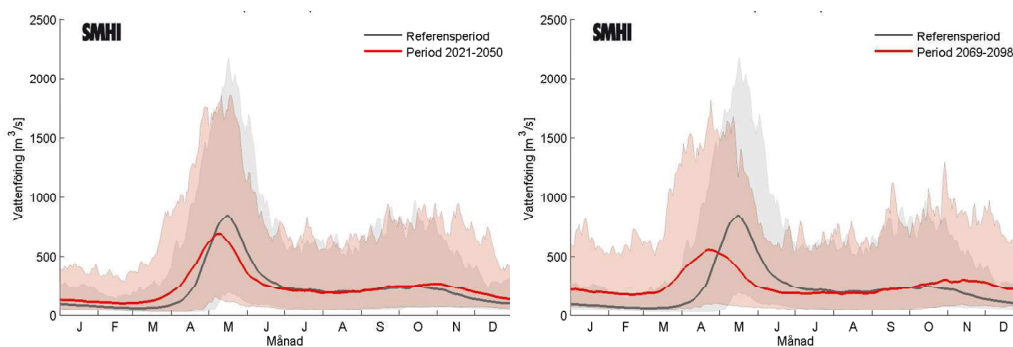
5.1.2 Förändring av säsongsvariation

Figur 5-3 till 5-8 visar hur tillrinningen förändras i Delångersåns, Ljusnans, Voxnans, Testeboåns, Gavleås och Dalälvens utloppspunkter i Bottenhavet. Den vänstra figuren avser förhållandena på kortare sikt, till mitten av seklet (2021-2050) och den högra figuren på längre sikt, i slutet av seklet (2069-2098). För perioden fram till seklets mitt har 16 scenarier använts och för perioden fram till slutet av seklet har 12 st klimatscenarion använts enligt Bilaga 1. Referensperiod är 1963-1992.

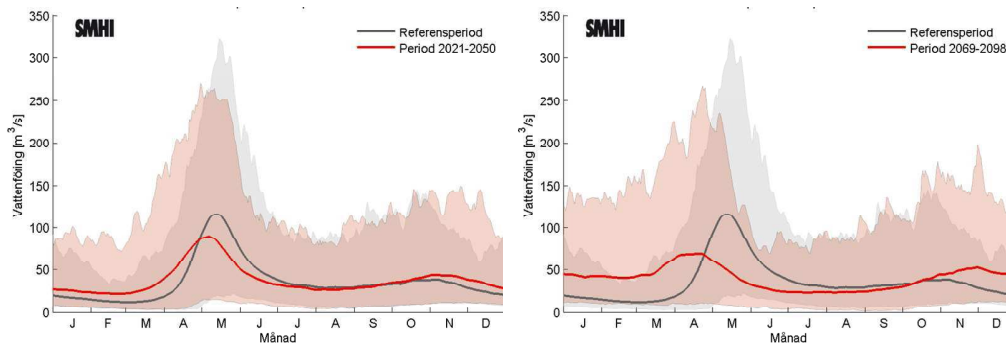
I samtliga figurer visar det grå fältet spannet mellan 75 %- percentilen och 25 %- percentilen för referensperioden för alla scenarier. Det ljusröda fältet visar spannet mellan 75 %-percentilen och 25 %-percentilen för den framtida perioden. De tjockare linjerna visar medelvärden för referensperioden (svart linje) samt framtida period (röd linje). Resultaten för referensperioden är beräknade från samtliga scenariers referensberäkningar.



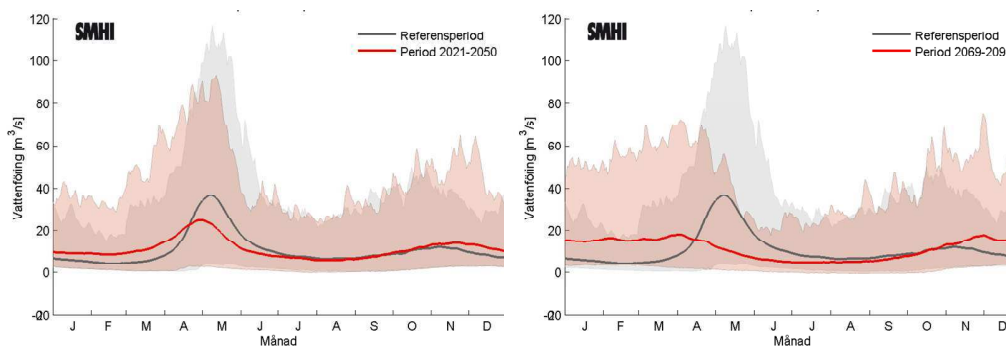
Figur 5-3. Beräknad tillrinning till Delångersåns utloppspunkt i Bottenhavet.



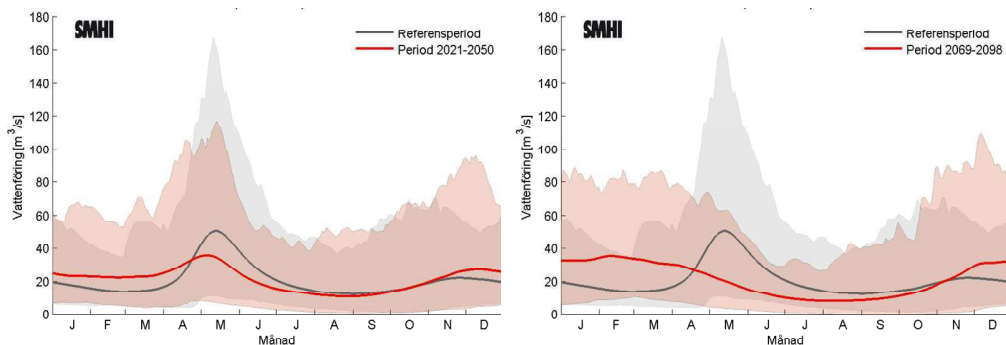
Figur 5-4. Beräknad tillrinning till Ljusnans utloppspunkt i Bottenhavet.



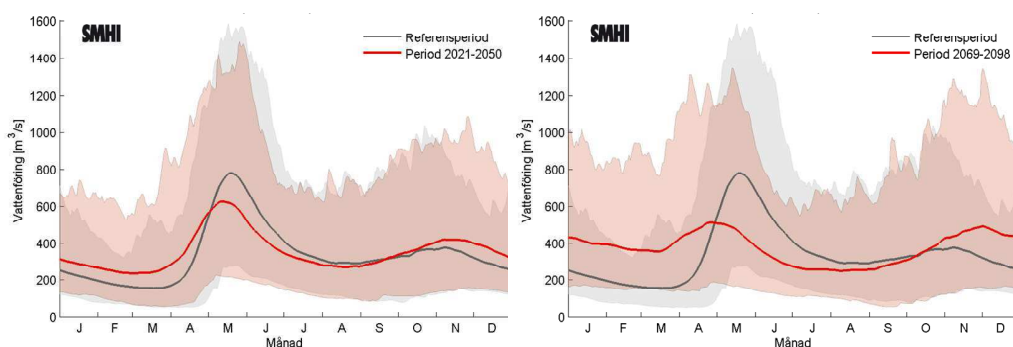
Figur 5-5. Beräknad tillrinning till Voxnans utloppspunkt i Bottenhavet.



Figur 5-6. Beräknad tillrinning till Testeboåns utloppspunkt i Bottenhavet.



Figur 5-7. Beräknad tillrinning till Gavleåns utloppspunkt i Bottenhavet.



Figur 5-8. Beräknad tillrinning till Dalälvens utloppspunkt i Bottenhavet.

För samtliga analyserade vattendrag kan en omfördelning under året av flödet utläsas som blir tydligare mot slutet av seklet. Den idag tydliga årstidskaraktistiken med låga vinterflöden och betonad vårflood kan i viss mån ersättas av en flödesregim med högre flöden under höst och vinter och en mindre tydlig vårflood.

5.1.3 Förändring av 100-årsflöden i vattendrag

Begreppen **återkomsttid** och **sannolikhet** är centrala i samband med diskussioner om översvämningsrisker, men de skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Det innebär att sannolikheten för exempelvis ett 100-årsflöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade sannolikheten avsevärd. För ett hus som står i 100 år i ett område som är skyddat mot en 100-årsnivå är sannolikheten för översvämning under denna tid hela 63 %. Detta är skälet till att man för större dammar ofta sätter gränsen vid, eller t.o.m. bortom, 10 000-årsflödet. Då blir ändå sannolikheten under 100 års exponering ca 1 %.

Tabell 5-1 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten.

Tabell 5-1. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
100	39	63
1000	5	9,5
10 000	0,5	1

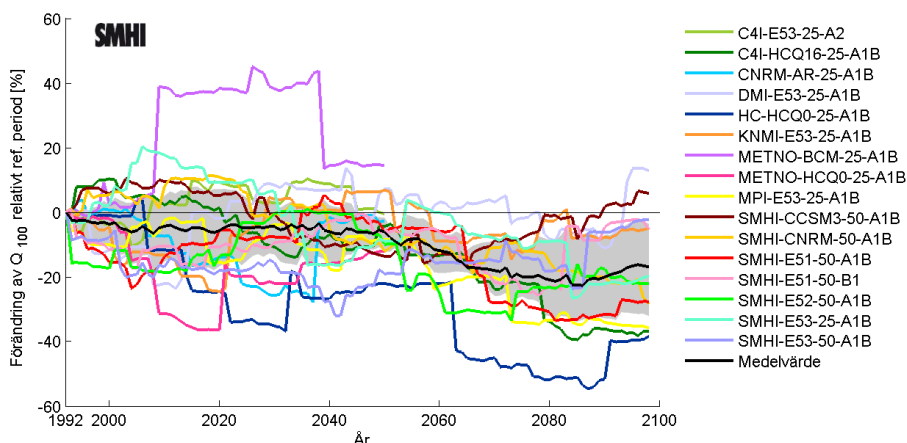
Nya beräkningar av förändrade 100-årsflöden i Gävleborgs län har tagits fram och förändringar har beräknats löpande för varje 30-årsperiod efter 1963-1992 (t.ex. 1964-1993, 1965-1994 o.s.v.). 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör startpunkt från vilken förändringarna beräknas.

Olika geografiska områden har olika flödesrespons och denna rumsliga variation presenteras i kartformat för åren 2050 och 2098. Kartorna kan ge värdefulla indikationer av områden där 100-årsflöden i ett framtida klimat förväntas skilja sig mycket från dagens. Speciellt områden där stora ökning av 100-årsflödets storlek förekommer bör identifieras och tidigare utförd dimensionering och bedömning av risker för översvämning revideras.

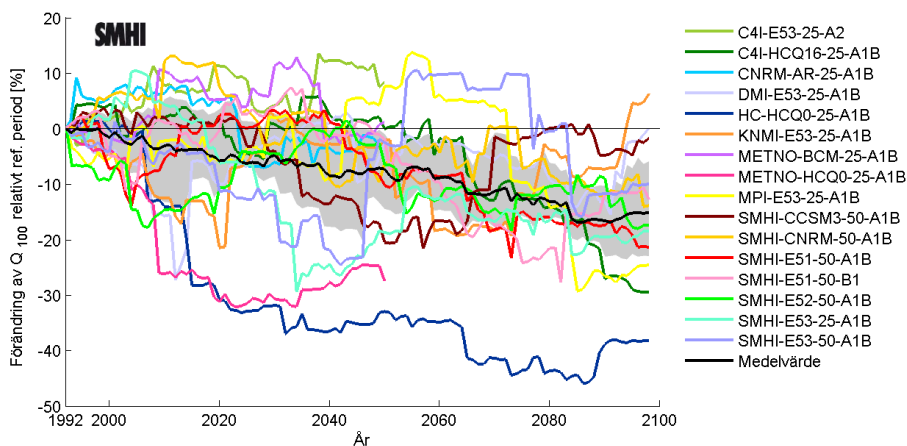
I Figur 5-9 till 5-14 presenteras löpande förändring av klimatpåverkade 100-årsflöden mot referensperioden 1963 – 1992 för Delångersåns, Ljusnans, Voxnans, Testeboåns, Gavleåns och Dalälvens utloppspunkter i Bottenhavet för oreglerade förhållanden.

De snabba förändringar som ses i graferna har en periodicitet på ca 30 år och beror på inflytande av enstaka extremvärden under den period som använts till frekvensanalysen. Effekten är allmän och relaterad till frekvensanalys som metod. Detta kan ha avgörande inflytande i en särskild tidsserie men inte i en ensemble av scenarier.

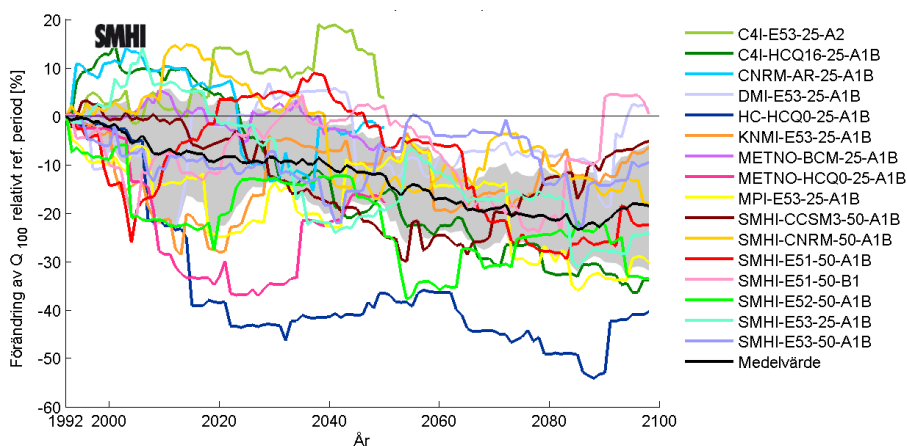
I samtliga figurer representerar de olikfärgade linjerna vart och ett av de 16 klimat-scenarier som redovisats i Bilaga 1. 16 av scenarierna gäller fram till år 2050 och 12 av dem gäller ända fram till år 2098. Den svarta linjen motsvarar medelvärdet och det grå fältet visar spannet mellan 75 %-percentilen och 25 %-percentilen av förändringen av det årliga 100-årsflödet från de ingående scenarierna jämfört med referensperioden 1963 – 1992.



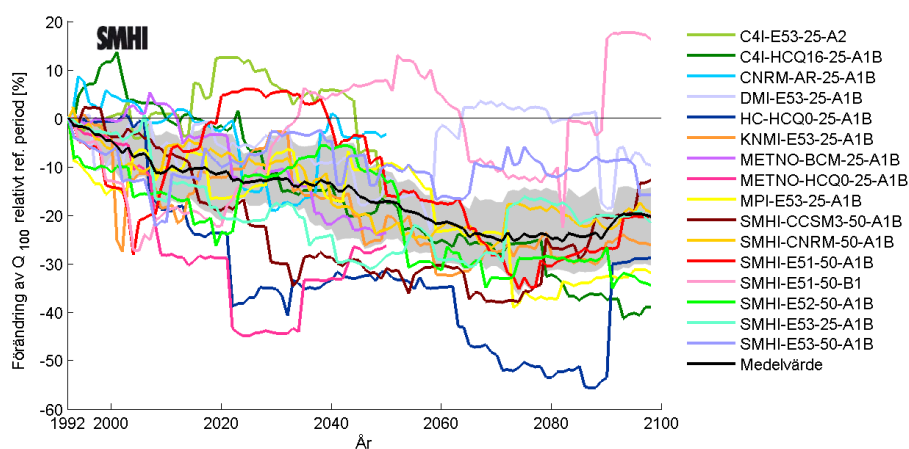
Figur 5-9. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i *Delångersåns* utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.



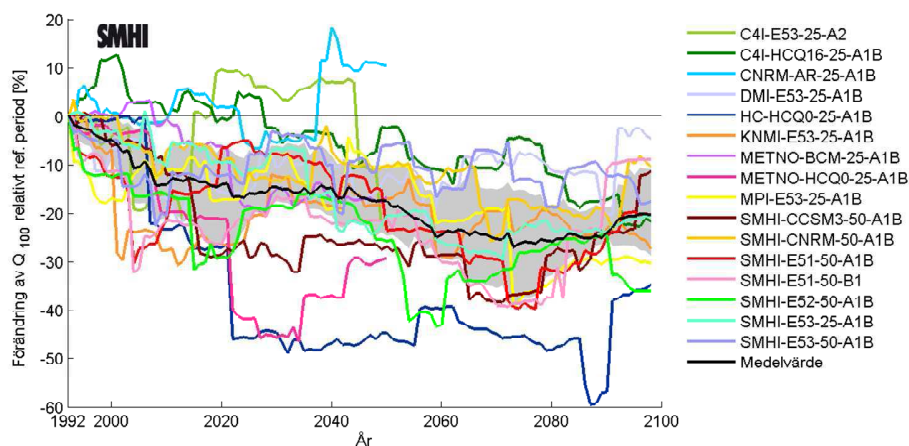
Figur 5-10. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i *Ljusnans* utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.



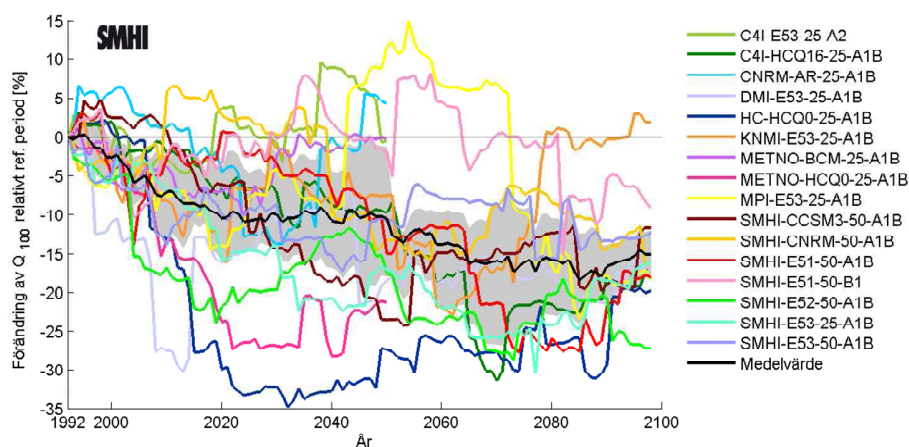
Figur 5-11. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i *Voxnans* utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.



Figur 5-12. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i Testeboåns utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.

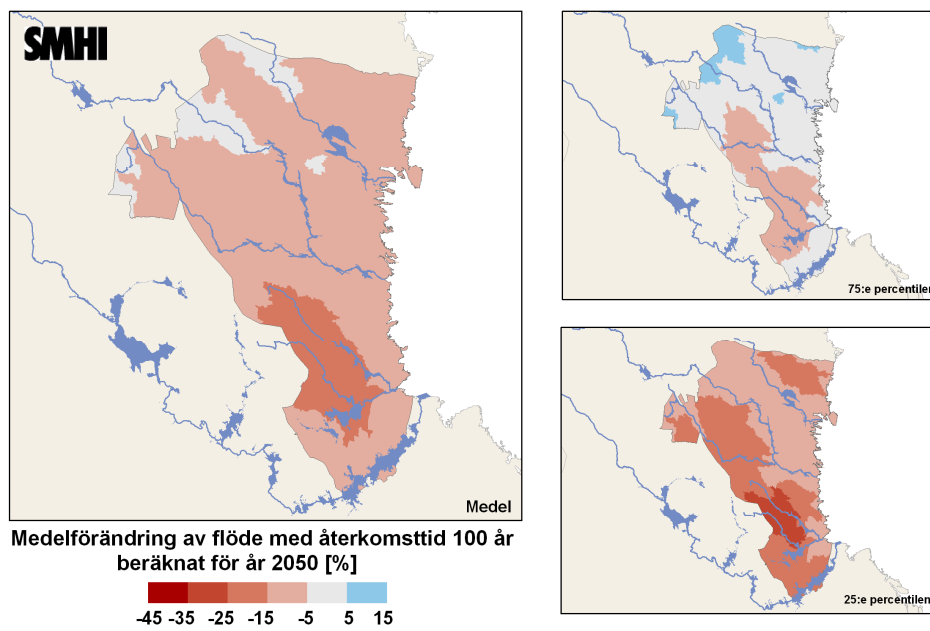


Figur 5-13. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i Gavleåns utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.

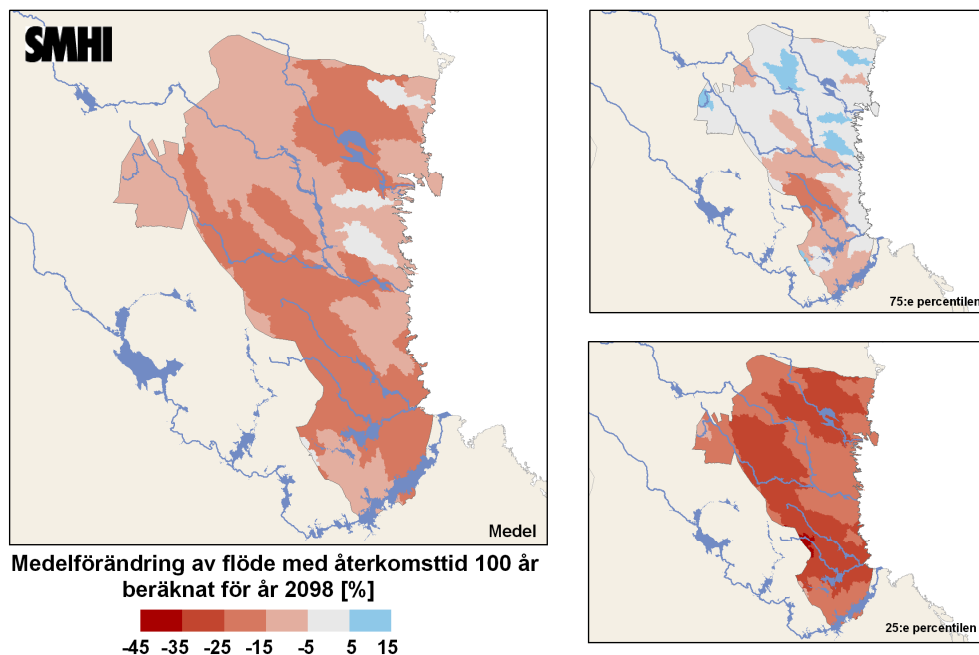


Figur 5-14. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i Dalälvens utlopp för perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992.

I Figur 5-15 och 5-16 presenteras kartbilder över storleksförändringen av 100-årsflödet områdesvis i hela länet. De större bilderna visar medelvärdet av samtliga scenarier tillsammans med de översiktligt karterade vattendragen och dess avrinningsområden medan de mindre visar 25 %-percentilen respektive 75 %-percentilen av 100-årsflödena i länets avrinningsområden.



Figur 5-15. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i Gävleborgs län år 2050 jämfört med referensperioden 1963 - 1992.



Figur 5-16. Beräknad förändring (%) av flöden med återkomsttid 100 år i Gävleborgs län år 2098 jämfört med referensperioden 1963 - 1992.

Som framgår av Figur 5-9 till 5-14 är variationen betydande mellan olika klimatscenarioer, vilket ansluter till resonemang i bilaga 1. Trenden för medelvärdet av samtliga klimatscenarioer ger tillsammans med fältet som representerar percentilerna en beskrivning som är mer lättolkad. Generellt sett pekar resultaten på att 100-årsflödena minskar för samtliga undersökta vattendrag, med omkring 20% mot slutet av seklet. Också geografiskt finns en viss spridning i resultaten, den största spridningen och därmed största osäkerheten återfinns i länets nordostliga del.

5.2 Sammanfattning av klimatpåverkade flöden och förutsättningar för översvämningar i vattendrag

Det finns ett antal osäkerheter i klimatmodelleringen och i de hydrologiska tolkningarna av klimatförändringen. Spridningen i klimatscenarioernas resultat i Figur 5-9 till 5-14 och i 25- och 75 %-percentilerna i kartbilderna i Figur 5-15 och 5-16 visar detta tydligt. Bland annat kan resultat ifrån olika klimatmodeller skilja sig på grund av skillnader i de processbeskrivningar som finns i klimatmodellerna. Uppskattningen av framtida utsläpp, som de beskrivs av utsläppsscenarioer för klimatpåverkande gaser och partiklar, innebär en annan osäkerhet, men fram till 2050 är dess effekt relativt liten. Se Bilaga 1 för vidare resonemang kring osäkerhet och variation.

Oavsett hur klimatet utvecklar sig kommer den **naturliga variabiliteten** alltid att vara en faktor att räkna med. Under de närmaste åren kan det vara svårt att skilja påverkan från naturlig variabilitet från de mer långsamma utsläppseffekterna. Därför är det svårt att bedöma storleken på den av människan påverkade klimatförändringen under de närmaste decennierna. Den mänskliga påverkan blir mer tydligt längre fram under seklet.

Effekten av klimatscenerierna varierar något men ger vissa signaler som är gemensamma, som förändringen i **avrinningens säsongsfördelning**. För de större vattendragen i Gävleborgs län pekar medelvärdena av klimatscenerierna på en tidigarelagd vårflod med lägre flödestopp mot slutet av seklet, se Figur 5-3 till 5-8. Detta beror på minskade snömagasin till följd av högre temperaturer vintertid, se kapitel 4.3. Av samma skäl förväntas tillrinningen öka vintertid medan tillrinningen sommartid bedöms vara relativt oförändrad eller något minskande. En minskad tillrinning sommartid skulle bero på något högre temperaturer och ökad avdunstning tillsammans med relativt oförändrad nederbördsutveckling, se kapitel 4.2.3. I mitten av seklet kan samma trender märkas men mindre tydligt. Sammantaget innebär detta en längre varaktighet av medelhöga flöden medan mycket höga flöden som idag återkommer framför allt under vårfloden blir ovanligare.

Av samma anledning som vårfloden minskar i flödesscenerierna visar klimatanalysen på en minskande trend av **100-årsflödets storlek** med omkring 20 % mot slutet av detta sekel för de analyserade vattendragen, se Figur 5-9 till Figur 5-16.

Omfattningen av **översvämmade områden** till följd av framtida 100-årsflöden längs de aktuella vattendragen beror av flödernas storlek. De sammantagna medelvärdena av de klimatpåverkade flödena indikerar snarare en minskning än en ökning av storleken på 100-årsflöden under detta sekel jämfört med referensperioden. Givet att den framtida utvecklingen av 100-årsflöden följer dessa medelvärden kan antas att framtida översvämningar inte blir mer omfattande än de översvämningssytor till följd av historiskt 100-årsflöde som tidigare räknats fram. Observera att Beräknat högsta flöde, vilket redovisats i Räddningsverkets översiktliga översvämningsskarteringar (Räddningsverket 1999 - 2002), ger större översvämningar än dagens 100-årsflöde. Några beräkningar för framtida Beräknat högsta flöde har inte utförts inom denna utredning.

Man måste dock komma ihåg att osäkerheterna i framtida klimatanalyser är stora vilket tydligt syns i spridningen av klimatsceneriernas resultat. Vissa scenarier visar på ökade flöden medan andra pekar nedåt. Som en riktlinje kan därför medelvärdet av de samlade scenariernas resultat användas.

Översvämningsområdenas beräknade omfattning kan komma att förändras när nya höjddata finns tillgängliga, t.ex. genom Lantmäteriets nya nationella höjddmodell.

6 VATTENSTÅND I HAVET VID KLIMATFÖRÄNDRINGAR

I detta kapitel redovisas havsnivåer idag och till följd av klimatiförändringar. En sammanfattning finns i kapitel 6.4. Potentiella översvämningsområden för dagens och framtida klimat längs kustområdena i länet har inte redovisats på kartor eftersom det saknas kartmaterial med tillräckligt detaljerat höjddata.

6.1 Framtida havsnivåer

Frågan om framtidens havsnivåer har blivit alltmer aktuell under de år som gått sedan IPCC presenterade sin fjärde Assessment Report (AR4) i januari 2007 (IPCC, 2007) och som utgick från den då tillgängliga klimatiforskningen. Efter AR4 har flera vetenskapliga artiklar publicerats, som betonar risken för att isavsmältningen kan komma att ske snabbare och att världshavet kan komma att stiga mer än vad som tidigare antagits. Av speciellt intresse är också sammanställningar och bedömningar som rör framtida havsnivåer för specifika regioner.

Som underlag till denna utredning har i första hand den vedertagna metoden baserad på IPCC (2007) använts med ett högt och ett lågt scenario och med vissa jämförelser med resultat från den holländska Deltakommittén. Dessutom presenteras den mer fullständiga sammanställningen av senare resultat från forskningen för att göra det möjligt att ta hänsyn till den snabba utvecklingen av frågan internationellt.

6.2 Havsvattenstånd idag och i framtiden vid Gävleborg

Landhöjningen i Gävleborg har historiskt varit större än havsvattenhöjningen. Därför upplever man det som att havet sjunker relativt land. Den absoluta landhöjningen i Gävleborgs län är 62 cm/100 år i de södra delarna och 68 cm/100 år i de norra delarna. Mellan 1990 och 2007 finns en antydning till att havsvattenståndet har höjts i snabbare takt, även om de naturliga mellanårsvariationerna är stora och gör det svårt att dra några definitiva slutsatser. Det finns all anledning att noga följa forskarnas signaler om utvecklingen av världshavens vattennivåer.

I utredningen har använts två mätstationer som bedöms vara representativa för Gävleborgs län, Forsmark och Spikarna. Högsta havsvattenstånd vid Forsmark 1891-2008 uppmättes 2007 till 146 cm över medelvattennivån eller 89 cm i RH00. Vid Spikarna uppmättes högsta vattenstånd 1898-2008 år 1984 till 128 cm över medelvattennivån eller 41 cm i RH00.

6.2.1 Använd metodik

Ett referensscenario för dagens klimat har beräknats. För framtidens klimat har ett högt och ett lågt scenario valts baserat på resultat från IPCC och SMHI-Rosby Centre samt Deltakommittén (Tabell 6-1). Hänsyn har tagits till landhöjningen och att Nordsjöns medelvattenyta kan bli upp mot 0,2 m över IPCC:s globala nivåer.

Tabell 6-1. Beskrivning av de modellberäkningar som redovisas nedan.

Fall	Beskrivning
Referens	Vattenstånd baserat på modellerade data för en punkt i havet utanför Gävleborg för dagens klimat (1961-1990)
Lågt scenario	Rosby Centres 'lågt scenario' (H/B2) för Östersjön adderat till lågt scenario (18 cm + 20 cm för Nordsjön) för höjning av medelvattenytan från IPCC 2007 samt korrigerat för landhöjning
Högt scenario	Rosby Centres 'högt scenario' (E/A2) för Östersjön adderat till högt scenario (59 cm + 20 cm för Nordsjön) för höjning av medelvattenytan från IPCC 2007 samt korrigerat för landhöjning
Delta-kommittén	Bidrag med isflöden och smältning av Grönland och Antarktis. Avser betydligt högre skyddsnivå än IPCC. (100 cm + 20 cm för Nordsjön) samt korrigerat för landhöjning

*Figur 6-1. Översvämning av bebyggelse. Foto: SGI*

6.2.2 Medelvattenstånd i framtiden

Medelvattenytan utanför **norra Gävleborgs län** kan under perioden 2071 – 2100 komma att ligga mellan -125 cm till -76 cm för lågt respektive högt scenario i RH00 enligt Tabell 6-2. Medelvattenytan utanför **södra Gävleborgs län** kan under perioden 2071 – 2100 komma att ligga mellan -95 cm till -47 cm för lågt respektive högt scenario i RH00 (Tabell 6-3). Det lägsta scenariot innebär att havet stiger långsammare än landhöjningen fram mot år 2100. Den holländska Deltakommittén räknade med en högsta

höjning om 120 cm. Det ger en medelvattenyta utanför Gävleborg på -35 cm i norr respektive -6 cm i söder i RH00 år 2100, dvs. cirka 40 cm högre höjning än IPCC:s höga scenario.

Tabell 6-2. Beräknat osäkerhetsintervall för medelvattenytan i **norra Gävleborgs län** 2071 – 2100 i RH00 baserat på modelldata från RCAO-modellen. Medelvattenytan kan alltså ligga mellan -125 cm och -76 cm i RH00 beroende på vilket klimatscenario som beaktas. Spikarnas medelvattenyta ligger idag på -87 cm i RH00. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter.

Fall	Mv-yta nivå (RH00)
Lågt scenario	-125 (38 cm lägre än idag)
Högt scenario	-76 (11 cm högre än idag)
Deltakommittén	-35 (52 cm högre än idag)

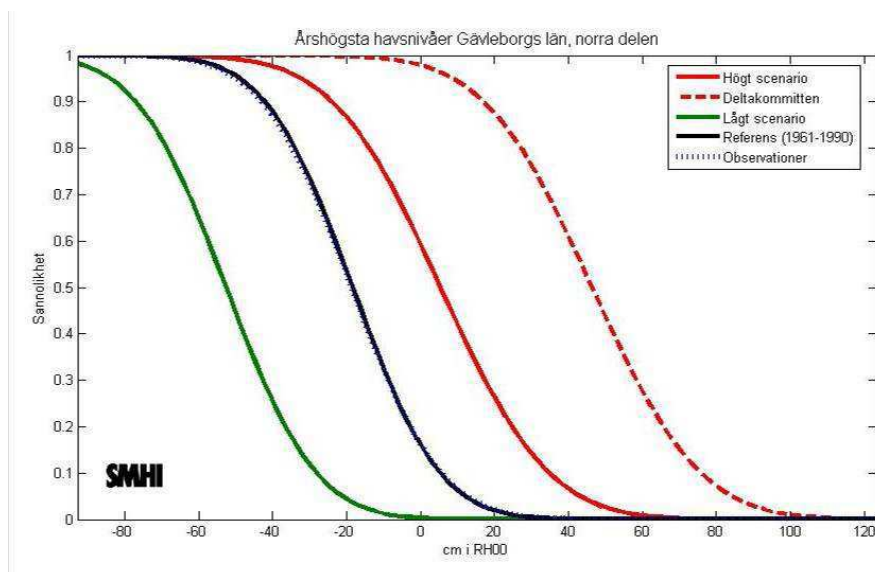
Tabell 6-3. Beräknat osäkerhetsintervall för medelvattenytan i **södra Gävleborgs län** 2071 – 2100 i RH00 baserat på modelldata från RCAO-modellen. Medelvattenytan kan alltså ligga mellan -95 cm och -47 cm i RH00 beroende på vilket klimatscenario som beaktas. Forsmarks medelvattenyta ligger idag på -62 cm i RH00. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter.

Fall	Mv-yta nivå (RH00)
Lågt scenario	-95 (33 cm lägre än idag)
Högt scenario	-47 (15 cm högre än idag)
Deltakommittén	-6 (56 cm högre än idag)

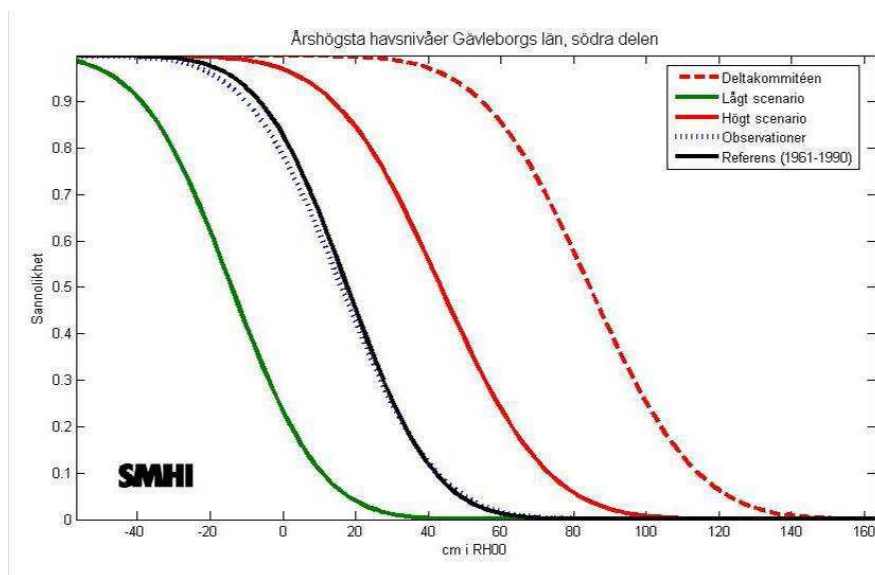
Konsekvensen av en förhöjd medelvattenyta är att dagens höga vattenstånd blir mer vanliga. Förändrat klimat med ökad förekomst av västvindar kan också innebära att höga vattenstånd relativt framtidens medelvatten blir än mer vanliga om 100 år jämfört med idag. Västvindarna pressar in mer vatten i Östersjön och Bottniska viken, men det är under kortvariga nordliga och ostliga vindar som de lokala extremerna kommer att uppkomma längs Gävleborgs kust.

6.2.3 Extrema vattenstånd i framtiden

För analyser av extrema vattenstånd utgår man från årets högsta vattenstånd och hur det fördelar sig. Figur 6-2 och 6-3 visar sannolikheten för att en viss havsvattennivå skall överskridas varje år dels i dagsläget (svart linje), dels i förhållande till hur det kan bli om ca 100 år (grön och röd linje för lågt respektive högt scenario, streckad röd linje för Deltakommittén). Mätdata från Forsmark respektive Spikarna finns med i figuren (blå prickar). De olika scenarierna beskrivs i Tabell 6-1.



Figur 6-2. Norra Gävleborgs län. Sannolikhet för att årets högsta vattenstånd når över en viss nivå för olika scenarier år 2100 jämfört med observerade data, se Tabell 6-1 för scenarier. Nivåer anges här i RH00. En sannolikhet på 0.5 motsvarar 2 års återkomsttid, dvs. att den nivån överskrids en gång vartannat år. En sannolikhet på 0.7 motsvarar att den nivån överskrids 7 gånger på 10 år. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter.



Figur 6-3. Södra Gävleborgs län. Sannolikhet för att årets högsta vattenstånd når över en viss nivå för olika scenarier år 2100 jämfört med observerade data, se Tabell 6.1 för scenarier. Nivåer anges här i RH00. En sannolikhet på 0.5 motsvarar 2 års återkomsttid, dvs. att den nivån överskrids en gång vartannat år. En sannolikhet på 0.7 motsvarar att den nivån överskrids 7 gånger på 10 år. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter.

Tabell 6-4 visar havsvattenstånd med olika återkomsttider i dagens och framtidens klimat för **norra Gävleborgs län**. Det som idag är ett 50-årsvärde (25 cm i RH00) motsvarar ungefär ett högvattenstånd som återkommer vart femte år i högt scenario för 2071 – 2100. I ett högt scenario beräknas vattenståndet nå upp till eller överstiga 65 cm i RH00 vart 100 år.

Tabell 6-4. Beräknade havsvattenstånd för återkomsttiderna 50 och 100 år i **norra Gävleborgs län** angivet i cm i **RH00**. Kursiverade siffror anger 95 % konfidensintervall för det framräknade återkomstvärdet. Dagens klimat representerar perioden 1961 – 1990; med framtidens klimat menas 2071 – 2100. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter. Observera att Spikarnas medelvattenyta ligger idag på -87 cm i RH00.

	50 år	100 år
Dagens klimat	25	31
norra Gävleborg 1961 – 1990	<i>17 – 40</i>	<i>22 – 51</i>
Lågt scenario	-8	-2
norra Gävleborg 2071 – 2100	<i>-17 – -8</i>	<i>-12 – -20</i>
Högt scenario	58	65
norra Gävleborg 2071 – 2100	<i>49 – 75</i>	<i>55 – 86</i>
Deltakommittén	99	106
norra Gävleborg 2071 – 2100	<i>90 – 116</i>	<i>96 – 127</i>

Tabell 6-5 visar havsvattenstånd med olika återkomsttider i dagens och framtidens klimat för **södra Gävleborgs län**. Det som idag är ett 50-årsvärde (61 cm i RH00) motsvarar ungefär ett högvattenstånd som återkommer vart femte år i högt scenario för 2071 – 2100. I ett högt scenario beräknas vattenståndet nå upp till eller överstiga 104 cm i RH00 vart 100 år.

Tabell 6-5. Beräknade havsvattenstånd för återkomsttiderna 50 och 100 år i **södra Gävleborgs län** angett i cm i **RH00**. Kursiverade siffror anger 95 % konfidensintervall för det framräknade återkomstvärdet. Dagens klimat representerar perioden 1961 – 1990; med framtidens klimat menas 2071 – 2100. Osäkerhet för samtliga värden, +/- 10 centimeter. Observera att Forsmarks medelvattenyta ligger idag på -62 cm i RH00.

	50 år	100 år
Dagens klimat	61	67
södra Gävleborg 1961-1990	53 – 76	58 – 86
Lågt scenario	30	37
södra Gävleborg 2071-2100	22 – 46	28 – 57
Högt scenario	96	104
södra Gävleborg 2071-2100	87 – 113	94 – 124
Deltakommittén	137	145
södra Gävleborg 2071-2100	128 – 154	135 – 165

Nyare forskningsresultat efter IPCC (2007) tyder på att haven kan höjas ytterligare. Om man räknar med den höjning som anges av den holländska Deltakommitténs vetenskapliga panel blir vattenståndet med 100 års återkomsttid ca 106 cm i RH00 för norra delen av länet och 145 cm i RH00 för södra delen av länet, förutsatt samma lokala effekter inne i själva Östersjön. Observera dock att Deltakommitténs övre konfidensintervall är 127 cm respektive 165 cm.

Följande moment bör beaktas vid användning av resultaten:

- Med hänsyn till den geografiska variationen av landhöjningen har i beräkningarna använts olika landhöjning för norra respektive södra delen av Gävleborgs län.
- Modellens extrema vattenstånd har en något annan fördelning än mätdata från vattenståndsmätarna vid Forsmark respektive Spikarna. Den korrektion som gjorts har optimerats för fem års återkomsttid vid både Forsmark och Spikarna, och modellens data beskriver vattenståndet med en noggrannhet på +/- 10 centimeter.

6.3 Sammanställning av nyare uppgifter från den internationella forskningen

Sammanställning av nyare uppgifter från den internationella forskningen presenteras i Tabell 6-6. Den är baserad på de uppgifter som nått SMHI hittills och gör inte anspråk på att vara fullständig. Den kommer att uppdateras efterhand som ny information blir tillgänglig. En svårighet är att nivåerna representerar olika sannolikheter och att detta ofta inte framgår klart av källmaterialet. Ändå är tabellen intressant eftersom den åter speglar olika länders och organisationers syn på hotet från ett stigande hav.

Tabell 6-6. Sammanställning av internationella utredningar avseende stigande havsnivå.

Datum	Källa	Referensperiod	Höjning till ungefär år 2100 (cm)
Januari 2007	IPCC	1980-1999	18-59 (exkl. isdynamik)
Hösten 2008	Holländska Deltakommittén	1990	55-120
April 2009	Rummukainen och Källén	2009	<i>"det kan röra sig om en meter under de närmaste 100 åren"</i>
Juni 2009	Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam	1980-1999	75 (65-100)
November 2009	Copenhagen diagnosis	1980-1999	<i>" at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4"</i> <i>"it may well exceed 1 m"</i>
November 2009	NOAA	<i>"by the end of this century"</i>	3 – 4 fot (90-120 cm)
November 2009	Netherlands Environmental Assessment Agency PBL m.fl.	1990	55 -110 (40 -105 lokalt för Holland)

Man kan naturligtvis fråga sig varför senare analyser skiljer sig så mycket från IPCC:s siffror. Ett problem är att IPCC inte tagit hänsyn till dynamiska processer i samband med isflöden (Naturvårdsverket, 2007, sid. 33). Den största skillnaden mellan IPCC:s och Deltakommitténs uppskattning är bidragen från isars avsmältning på Grönland och Antarktis. Man bör också hålla i minnet att de holländska rekommendationerna, på grund av de förödande konsekvenser som ett dammbrott skulle medföra, avser en skyddsnivå som är betydligt högre (lägre sannolikhet för dammbrott) än vad som representeras av det intervall som IPCC angav med nivåerna 18 – 59 cm höjning av vattenytan globalt.

Det är slutligen viktigt att notera att de flesta uppskattningar som förekommer rörande framtida havsnivåer bygger på något eller några av IPCC:s utsläppsscenarioer. Det innebär att effekterna av eventuella utsläpps begränsningar till följd av internationella avtal inte medräknats. Om man lyckas genomföra utsläpps begränsningar så minskar stigningstakten, men den upphör inte helt på grund av klimatsystemets stora tröghet.

6.4 Sammanfattande slutsatser för framtida havsnivåer

Klimatscenarierna innehåller osäkerheter som innebär att uppgifterna om framtida havsnivåer behöver anges med övre och undre nivåer. Med utgångspunkt från internationella sammanställningar och rekommendationer behöver ställning tas till vad som kan vara relevant för svenska förhållanden. Med nuvarande kunskap kan endast lämnas ett riktvärde för den globala höjningen av medelvattennivån i havet med storleksordningen 30 cm till år 2050 och 100 cm 2100. Klimatscenarierna indikerar nämligen en snabbare höjning efter mitten av detta sekel.

Detta innebär för Gävleborgs län att ett riktvärde för den framtida medelvattennivån i havet kan vara 50-60 cm höjning i länet jämfört med dagens förhållanden och med hänsyn tagen till landhöjningen.

Extrema vattenstånd kan bedömas uppgå till 193 cm över dagens medelvattennivå i norra delen av länet och 207 cm för södra delen för perioden 2071-2100. Härvid har utgångspunkten varit Deltakommisionens nivåer enligt Tabell 6-4 och 6-5, vilket innebär en relativt hög säkerhetsnivå.

För den fysiska planeringen är perioden bortom år 2100 också av intresse. I några av de ovanstående analyserna diskuterar man även havets fortsatta stigning. Siffror så höga som 2-4 meter anges t.ex. av den holländska Deltakommittén. Här är osäkerheten dock mycket stor eftersom framtida utsläpp och en rad återkopplingsmekanismer, som är kända i begränsad omfattning, kommer in i bilden i hög grad.

7 EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG

7.1 Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion

Med erosion menas den process som leder till förlust av material från stranden och botten i vattendrag och längs kuster. Erosion och sedimentation är en ständigt pågående naturlig process i landskapet. Den naturliga balansen kan störas av mänskliga aktiviteter, exempelvis genom konstruktioner i vatten, fartygstrafik, avverkning av strandnära skog m.m. Under vissa betingelser sker mer omfattande erosionsangrepp, t.ex. längs kuster vid stormar eller vid höga flöden och vattennivåer i vattendrag och sjöar.

Det finns olika typer av erosion. Erosion från *vågor* orsakas främst av vindvågor men kan även vid tappning av dammar eller av fartygstrafik. *Strömmande vatten* kan medföra erosion i vattendrag och på angränsande stränder och slänter. *Vinderosion* är begränsad i Sverige och förekommer framförallt i områden som saknar vegetationstäckning, exempelvis längs sandstränder och dyner samt på åkerjord under vår och försommar. Erosion kan också uppkomma av nötande *is* från istäcken och isdämmor som utbildats i samband med vårflöden i vattendrag. *Inre erosion* kan förekomma i finkornig friktionsjord genom att grundvattenströmmar för med sig partiklar och på så sätt orsakar materialvandring.

Om det inom ett visst avgränsat område råder jämvikt mellan eroderat och avsatt mängd material sägs området vara stabilt från erosionssynpunkt. Vid en nettoförlust av material är området utsatt för erosion och i motsatt fall sker en ackumulation av material.

En förutsättning för erosionsprocesser är dels tillgång på erosionskänsligt jordmaterial, dels en flödes/vindhastighet som är tillräckligt hög för att lossöra och transportera materialet. När flödes/vindhastigheten minskar avsätts materialet igen. De mest erosionsbenägna jordarna är ensgraderade, jordarter med en kornstorleksfördelning motsvarande finsand och mellansand.

Klimatförändringar kan medföra en ökad nederbörd som ökar avrinningen i vattendragen vilket i sin tur medför ökad erosion. Vid kusterna innebär en högre havsnivå att stranderosionen kommer att öka och att områden som tidigare inte varit utsatta för erosion kan påverkas.

SGI har utfört en översiktlig inventering av omfattningen av stranderosion i Sverige i samverkan med berörda kommuner. Syftet med inventeringen var att få en översikt av var stranderosion förekommer och var det finns förutsättningar för erosion utmed landets havskuster och vid stränder utmed de sex största sjöarna i landet. Uppgifter har inhämtats för kommuner belägna vid kuster och sjöar om var erosion konstaterats. Dessutom har förutsättningar för erosion inventerats med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

För närvarande utför SGI en översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i de ca 60 största vattendragen i Sverige. Denna inventering är en fortsättning av ovannämnda kustinventering. Här har inventeringen begränsats till att förutsättningar för erosion med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

Resultatet från inventeringarna redovisas på SGI:s hemsida www.swedgeo.se/Myndighetsstöd/Stranderosion.



Figur 7-1. Exempel på erosionskador vid havskust. Stranderosion vid Åhus. Foto: Kristianstads kommun.

7.2 Områden med förutsättningar för erosion längs kusten

7.2.1 Erosionsförutsättningar i Gävleborgs län

Kustslätten eller som den brukar kallas "Norrländska strandflaten" har betydande bredd i söder, men smalnar alltmer mot norr. Mellan Hudiksvall och norra länsgränsen finns ingen markerad kustslätt. Kalt berg har stor utbredning, framför allt i kusttrakterna i den norra delen av länet. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergs-sidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager. Förutsättningar för erosion finns på sträckor där jordmaterialet utgörs av företrädesvis sand och silt. Inventeringen har utförts med samma metod som tidigare använts för den nationella karteringen enligt ovan. På vissa sträckor kan ha anlagts skydd mot erosion men inventering av dessa har inte utförts.

Områden med förutsättningar för erosion längs kusten i Gävleborgs län finns i Gävle, Söderhamn, Hudiksvall och Nordanstig. I Gävle kommun finns förutsättningar för erosion i Gävle, i Inre fjärden, i de norra delarna av Yttre fjärden och vid Hilleviksfjärden. I Söderhamns kommun finns erosionsförutsättningar vid Sandarne och vid Hudiksvallsfjärden öster om Hudiksvall, vid fjärdarna i de mellersta och norra delarna av Nordanstigs kommun, varav trakterna kring Sörfjärden, Norrfjärden och Moningssand är de mest utsatta områdena.

Kuststräckor med förutsättningar för erosion redovisas på Karta 1-3.

Omfattningen av erosionen vid kusterna beror till stor del av topografiska och geologiska förhållanden i kustområdet. Uppgifter om höjdförhållanden med tillräcklig noggrannhet saknas för de aktuella kuststräckorna. För bedömning av hur stora strandnära områden som kan komma att påverkas av erosion har därför använts en modell som bygger på ett samband mellan havsnivåhöjning och påverkan på stränder. Modellen utgår från att en höjd vattennivå i havet påverkar strandens övre del, varvid material förflyttas från stranden ut i havet så att ett nytt jämviktsläge uppkommer. En generell uppskattning enligt denna modell är att en havsnivåhöjning påverkar en strandzons bredd med faktorn 100, dvs. 1 cm höjning av havsnivån har påverkan 1m upp på stranden. Modellen förutsätter ett relativt långsamt sluttande strandområde.

7.2.2 Konsekvenser av klimatförändringar

Klimatförändringar kommer att medföra en högre havsnivå vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. Samtidigt motverkas detta av den pågående landhöjningen. För bedömning av den långsiktiga erosionen används normalt havets medelvattennivå. Enligt kapitel 6 kommer medelvattennivån 2071-2100 att öka med mellan 11-15 cm (högt scenario) och 52-56 cm (Deltakommittén). Det innebär att storleksordningen 15 till 55 m av kusten kan komma att påverkas av ökad erosion utöver den erosion som redan förekommer.

Dessutom tillkommer lokala effekter på erosionen till följd av stormar, översvämning och tillfälliga högvatten eller andra säsongsbetonade effekter. För att ta hänsyn till dessa förhållanden kan göras ett schablontillägg med ca 25 % på utsträckningen av de områden som kan komma att beröras med utgångspunkt från havsnivåhöjningen.

7.3 Områden med förutsättningar för erosion längs vattendrag

De förhållanden som främst påverkar erosionen i vattendrag är jordart och vattenföring. Den största erosionen sker i sand och silt och erosionen längs bottnar och slänter blir större med ökade vattenflöden.

7.3.1 Erosionsförutsättningar i Gävleborgs län

De älvar som inventerats i Gävleborgs län är Ljusnan, som rinner genom länet och mynnar i Bottenhavet vid Ljusne strax söder om Söderhamn. Andra större vattendrag är Voxnan, som mynnar i Voxsjön, Svågan, som mynnar i norra Dellen och Jädraån, som mynnar i Storsjön vid Sandviken. Testeboån och Gavleån mynnar i Bottenhavet vid Gävle.

Förutsättningar för erosion finns utmed:

- Ljusnan från Segersta till ca 2 km S om Bollnäs, från Bollnäs till Växsjön, vid Arbra och Vallsta och från ca 5 km S om Järvsö via Ljusdal, Färila, Korsskogen och upp till S om Kåböle.
- Voxnan V om Freluga och från Ovanåker till ca 8 km N om Voxna.
- Gavleån från Gävle till Valbo.
- Jädraån från Sandviken och upp till N om Järbo.
- Testeboån främst från Gävle till ca 5 km N om Åbyggeby, 3 km S om Ockelbo till Sunnanåsbo och från Åmot ca 5 km söderut.

Sträckor med förutsättningar för erosion längs vattendrag redovisas på Karta 1-3. Längs dessa vattendrag förekommer erosion redan vid dagens förhållanden och kan medföra förlust av mark, underminering av konstruktionen vid vattendragen samt medföra att stabiliteten i slänter minskar med risk för skred och ras som följd.



*Figur 7-2. Exempel på stranderosion vid vattendrag. Erosion vid Ljungan, Krokforsen.
Foto: SGI*

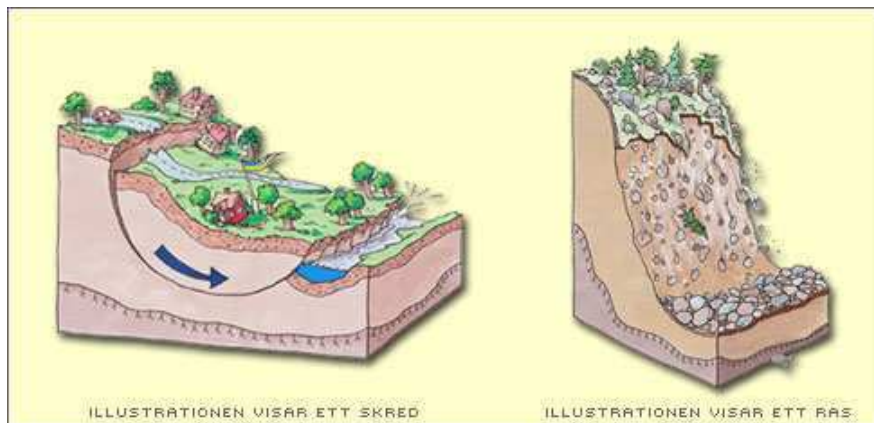
7.3.2 Konsekvenser av klimatförändringar

Klimatscenarier för perioden 2071-2100 visar ingen entydig bild av förändringar i vattenflöden i länet, jfr kapitel 5. För flera områden indikerar scenarierna ökade medelvattenflöden medan de i andra områden kan komma att vara oförändrade eller minska något. Flödena kommer också att förändras mellan olika årstider. I huvudsak förväntas medelhöga vattenflöden komma att få längre varaktighet. Detta innebär att för större delen av länet kan erosionen längs vattendrag komma att öka.

8 SKRED OCH RAS

8.1 Översiktlig beskrivning av förutsättningar för skred och ras

Skred och ras är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador dels på mark och byggnader inom det drabbade området, dels inom nedanförliggande markområden där massorna hamnar, se Figur 8-1. Ett skred eller ras är i många fall en följd av en naturlig erosionsprocess, men kan också utlösas av mänskliga ingrepp i naturen. En gemensam nämnare är att både skred och ras kan inträffa utan förvarning.



Figur 8-1. Illustration av skred och ras i jord.

Skred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Ytlagrets torra lera, torrskorpan, bryts sönder i stora flak. Jordskred förekommer i finkorniga silt- och lerjordar, så kallade kohesionsjordar, men även i andra jordar med inslag av ler och silt, exempelvis finkornig morän.

Ett *ras* är en massa av sand, grus, sten eller block eller en del av en bergslänt, som kommer i rörelse. De enskilda delarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Berg innehåller större och mindre sprickor som kan leda till att stora block loss görs och faller ned.

Slamströmmar kan uppkomma där slänter är långa och branta, där vattenmättade jordmassor från ett högt beläget moränskred strömma nedför slänten som en så kallad slamström. Så länge som slänten är tillräckligt brant fortsätter slamströmmen sin rörelse nedåt, och längs sin väg påverkas marken och omgivningen av mycket kraftig erosion.



Figur 8-2. Skred och ras vid Voxnan i Bollnäs. Foto: SGI.

8.2 Inventering av förutsättningar för skred och ras i Gävleborgs län

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) utför översiktliga stabilitetskarteringar för befintlig bebyggelse. Den översiktliga stabilitetskarteringen utförs i två steg, dels genom en förstudie, dels i en huvudstudie. Syftet med förstudien är att avgränsa de områden som ska behandlas vidare i huvudstudien. Huvudstudien innebär att stabilitetsförhållandena för slänter innehållande jordlager bestående av lera, silt och sand på lera i bebyggda områden karteras översiktligt. Huvudstudien är indelad i etapp 1A och etapp 1B. I etapp 1A karteras stabilitetsförhållandena översiktligt med avseende på jordart och topografi. I etapp 1B karteras stabilitetsförhållandena översiktligt utifrån fältundersökningar och överslagsberäkningar i särskilt utvalda sektioner och tidigare utförda stabilitetsberäkningar.

I denna utredning redovisas områden med förutsättningar för skred och ras enligt MSB:s översiktliga stabilitetskartering för Gävleborgs län, etapp 1B (Sweco, 2008).

I MSB:s karteringsmodell delas inventeringsområdena in i zoner med olika stabilitetsförutsättningar baserade på jordart och topografiska förhållanden. Zonindelningen görs i tre zoner, stabilitetszon I, II och III. I denna utredning markeras endast områden, som tillhör stabilitetszon I, där det finns förutsättningar för initiala naturliga eller av mänsklig verksamhet orsakade skred och ras. Kartan över stabilitetsförutsättningarna visar emellertid inte risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten utan endast grundförutsättningarna (med hänsyn till jordart och marklutning) för skred och ras.

Kriterier för stabilitetszon I är följande inom områden med lera och silt/sand på lera:

- Mark inom avståndet 10 x slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje.
- Mark inom 50 m från strandlinje för sjöar och för större vattendrag (älvar/åar), markerade med dubbla streck på fastighetskartan
- Mark inom 25 m från strandlinjen för vattendrag (bäckar/diken), markerade med dubbla streck på fastighetskartan.

Lerområden med större utsträckning finns närmast kusten, exempelvis vid Hudiksvall och Söderhamn, i de flesta låglänta områden och i anslutning till vattendrag under högsta kustlinjen (HK). I huvudsak är leran av glacialt ursprung medan postglacial lera överlagrar glacial lera i en del lågpartier, särskilt i anslutning till torvmarker.

Områden med förutsättningar för skred och ras enligt ovanstående redovisas på Karta 1-3. För dessa områden kan det inte säkerställas att stabiliteten är tillfredsställande utan här behöver mer detaljerade utredningar genomföras.

Det bör också observeras att det kan finnas risker för ras och skred inom andra områden som inte är bebyggda, eftersom MSB:s kartering är begränsad till befintlig bebyggelse. Detta måste beaktas i samband med fysisk planering och exploatering av nya områden.

8.3 Förutsättningar för slamströmmar

Det finns ingen inventering utförd av var förutsättningar finns för moränskred och slamströmmar i Gävleborgs län. Förutsättningarna för moränskred finns framförallt i branta sluttningar med morän och grov sedimentjord, där ytvatten kan ansamlas i lågpunkter och bäckar. I Gävleborgs län är höjdskillnaderna mellan terrängens högsta och lägsta partier inom kustzonen upp till 50 m medan den i inlandet är mer än 300 m. Starkast brutenhet uppvisar området kring Dellensjöarna. Inlandet karakteriseras av bergkulleterräng med mer eller mindre starkt brutna former, den s k "Norrländsterräng".

SGI har utfört en inventering av karteringsbehovet i Sveriges kommuner där terrängens brutenhet (lutningsförhållanden), områden med befolkning och förekomst av dammar använts för att bedöma risker för moränskred och slamströmmar (SGI, 2003). Utredningen är översiktlig men visar att inom alla länets kommuner utom Gävle, Hofors och Sandviken finns risker för denna typ av naturolycka. Bollnäs, Ljusdals och Hudiksvalls kommuner bedöms ha störst utbredning av områden med sådana risker.

Det har inte ingått i denna klimat- och sårbarhetsanalys att närmare bedöma riskerna för moränskred och slamströmmar. En rekommendation är därför att utföra en sådan inventering för länets kommuner.

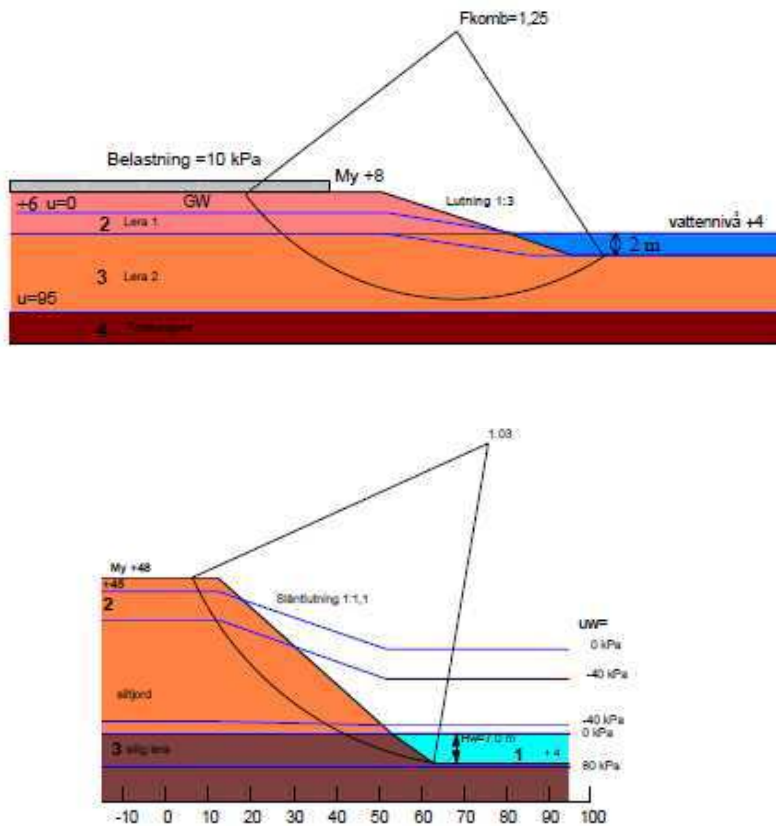
8.4 Konsekvenser av klimatförändringar

Viktiga utlösande faktorer för skred och ras är de belastningar som jorden utsätts för, jordens egenskaper och ändringar i geometrin som till exempel erosion i vattendrag kan bidra till. I belastningen ingår förutom jordens egen vikt även belastningar från mänskliga aktiviteter och vattentryck. En ökad nederbörd påverkar jordars stabilitet negativt och ökar faran för skred och ras genom att ett ökat vattentryck i markens porer minskar hållfastheten. Grundvattenförändringar påverkar portrycket i jorden. Ökad nederbörd kan också leda till ökad avrinning och erosion som påverkar släntstabiliteten. Intensiva regn och vattenmättade jordlager ökar också benägenheten för skred i moränmark och slamströmmar.

Klimatförändringar påverkar även frekvensen av ras i berg. En ökad växling av varmt och kallt väder, så kallade nollgenomgångar, kan innebära att vatten i bergets sprickor fryser och kan spränga loss bergmaterial. Bergras bedöms i huvudsak vara ett lokalt problem och behandlas inte vidare i denna utredning.

I kapitel 4 och 5 beskrivs förväntade förändringar av klimatet i Gävleborgs län avseende förändringar i nederbörd och vattendragens flöden. Båda dessa har inverkan på sannolikheten för skred och ras. Nederbörden beräknas öka med 20 % på årsbasis, med störst ökning under höst och vinter. Bedömningar av förändringar i vattendragens flöden är inte entydiga men det är sannolikt att de ökar i vissa delar av länet under delar av året.

De förändrade nederbördsförhållandena kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, portryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Samtliga dessa förändringar kan var för sig eller i kombination påverka säkerheten mot stabilitetsbrott i negativ riktning. I en studie har undersökts hur jordslänters säkerhet mot stabilitetsbrott förändras vid förändrat klimat (SGI Varia 560:1). Det är främst effekten av ökade nederbörds mängder som har studerats. Studien visar att det är rimligt att anta en försämring av säkerheten på mellan 5 och 30 %, beroende på vilka förhållanden som antas och hur de varierar. Det betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla.



Figur 8-3. Exempel på två typslänter som beräknats för nya klimatförutsättningar. Källa: SGI Varia 560:1.

I täta jordar innebär en ökad nederbörd högre portryck som inverkar negativt på hållfastheten. Höga branta slänter av sandiga och siltiga jordar har ofta naturligt en låg säkerhet mot stabilitetsbrott. Orsaken till att slänterna inte rasar kan bero på negativa portryck som har en positiv inverkan på jordens hållfasthet. Blir jorden mer vattenmättad minskar det negativa portrycket och säkerheten försämras. Det kan leda till ökad frekvens av ytliga ras.

Innehåller sand- och siltslänter skikt av tätare jordmaterial styr dessa grundvattnet ut i slänten och kan orsaka grundvattenerosion som i sin tur kan ge upphov till ytliga skred. Slänter av tät jord kan ibland innehålla lager av genomsläppliga jordar. I dessa lager kan ett vattenövertryck uppstå i samband med hög nederbörd. Innan trycket har utjämnats innebär det en försämring av säkerheten mot stabilitetsbrott.

Många av de slänter där stabilitetsutredning genomförts i Gävleborgs län har ett vattendrag vid släntfoten. Ökade vattenflöden och strömningshastighet i vattendraget resulterar i ökad erosion som inverkar negativt på säkerheten. Påverkan blir mindre om vattennivån i vattendraget stiger eftersom det vattentryck som påverkar slänten har en stabiliserande verkan. Om vattennivån i vattendraget däremot sjunker undan snabbare än vattentrycket i slänten uppstår ett kritiskt läge när det gäller säkerheten mot ras och skred.

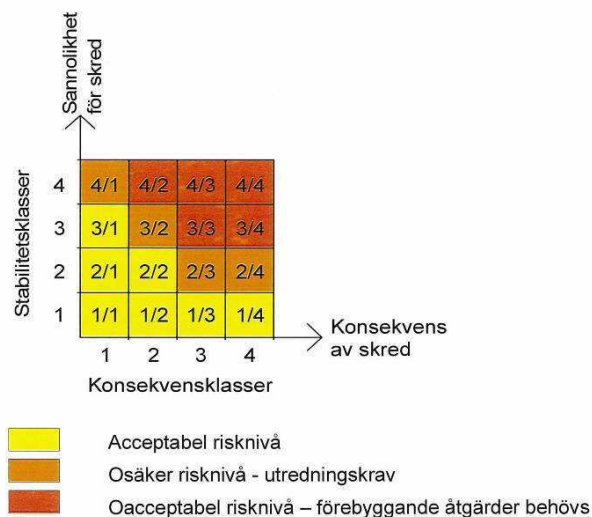
Sammanfattningsvis kan konstateras att klimatförändringar visar att nederbörden kommer att öka, vilket ökar riskerna för ras och skred inom områden med otillfredsställande stabilitet för dagens förhållanden. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter som inte har erforderlig stabilitet.

9 RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET

9.1 Risker för naturolyckor

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra områden som kan påverkas av naturolyckor och med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala samordning av klimatanpassning samt vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering.

Det finns förutsättningar för naturolyckor (skred, ras, erosion och översvämning) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar, som redovisats i tidigare kapitel. Detta innebär att bebyggelse och samhällsviktig verksamhet kan komma att skadas. Risken för en sådan skada definieras som en kombination av sannolikheten för en sådan skada och dess konsekvenser, jfr Figur 9-1.



Figur 9-1. Illustration av risker för skred som en kombination av sannolikhet och konsekvenser.

Sannolikheten eller förutsättningar för en naturolycka beror av naturliga geotekniska och topografiska förhållanden som redovisats i tidigare kapitel. I denna utredning redovisas förutsättningar för fara för olika typer av naturolyckor. *Konsekvenser* är de värden som drabbas av en olycka, t.ex. skador på människor och egendom eller värdefull natur. För Gävleborgs län har identifierats bebyggelse, infrastruktur och samhällsviktig verksamhet som kan hotas av naturolyckor. *Riskerna* uttrycks i denna utredning som en sammanvägning av sannolikhet/förutsättningar för naturolyckor och konsekvenser redovisat på en översiktlig nivå.

Figur 9-1 visar ett sätt att värdera risken för en naturolycka, här exemplifierad för skred. Där sannolikheten för skred är stor och samtidigt konsekvenserna är omfattande är risken oacceptabel och åtgärder behöver vidtas (de röda fälten i figuren). Om risknivån är osäker (orange fält) behöver utredningar utföras för att klargöra risknivån.

Om risknivån är acceptabel för dagens förhållanden (de gula fälten) kan en ökad sannolikhet för skred till följd av klimatförändringar innebära att en osäker eller oacceptabel risknivå uppkommer. Detsamma gäller om konsekvenserna ökar, t.ex. om ett områdes värde ökar till följd av exploatering i ett område med risk för naturolyckor.

Om å andra sidan åtgärder vidtas för att minska sannolikheten för en naturolycka genom att förstärkningsåtgärder utförs kan riskerna elimineras eller minskas.

I detta kapitel beskrivs översiktligt hur naturolyckor kan påverka bebyggelse och viss samhällsviktig verksamhet. Vid bedömningen av hur riskerna för naturolyckor påverkar samhället ingår följande kategorier: bebyggelse, förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt, vägar och järnvägar, flygfält, hamnar respektive dammar.

Bebyggelse och samhällsviktig verksamhet med förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på Karta 4-6 för olika delar av länet samt för hela länet på Karta 7. Härav framgår att känsliga områden eller punkter är främst lokaliserade till flera av tätorterna i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet. I dessa områden finns redan idag områden där det finns fara för naturolyckor och där risken kan komma att öka till följd av klimatförändringar. Samtidigt är denna utredning översiktlig och en mer detaljerad undersökning måste genomföras för att klargöra vilka platser och anläggningar som är utsatta för risker (sannolikhet och konsekvenser) kopplade till naturolyckor.

För närvarande finns främst översiktliga karteringar av förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning. Dessa ger ett översiktligt underlag för val av lämplig markanvändning men är inte tillräckligt som beslutsunderlag för detaljerad planering och exploatering. För att kunna bedöma behovet av förebyggande åtgärder och anpassning till klimatförändringar erfordras därför mer detaljerade undersökningar.

9.2 Bebyggelse

I länet har genomförts översiktliga stabilitetskarteringar av förutsättningar för skred och ras. Stabilitetskarteringarna baseras främst på förekommande lösa jordlager i sluttande terräng och avser enbart bebyggda områden. Det finns ett flertal områden med förutsättningar för skred och ras men riskerna vid lokalisering av enskilda byggnader måste bestämmas genom mer detaljerade undersökningar.

De områden som identifierats vid översiktliga stabilitetskarteringar har markerats på Karta 4-6. Störst fara för skred och ras finns inom områden med lösa och mäktiga lerlager främst i länets södra delar i trakterna kring Sandviken och vidare mot väster och sydväst. Vissa områden finns även i de mellersta delarna vid Bollnäs och Söderhamn och utmed Ljusnans dalgång samt norr om Hudiksvall. Förutsättningar finns också i andra områden, framförallt i anslutning till vattendrag.

Räddningsverket/MSB har utfört översiktliga översvänningskarteringar längs de större vattendragen i länet. De områden som kan komma att översvämmas vid Beräknat högsta flöde har redovisats på Karta 4-6. Hänsyn har här inte tagits till ökad vattenföring vid klimatförändringar, men detta bedöms inte överskrida nivåerna för högsta flöden enligt karteringen. Den översiktliga karteringen baseras emellertid på alltför översiktligt topografiskt underlag för att kunna användas för värdering av risker för bebyggd miljö och

tekniska anläggningar. Ett annat problem är att lokala översvämningar som förekommer vid häftiga regn. Dessa kan inte förutses varken till omfattning eller geografisk plats.

Områden med förutsättningar för erosion enligt SGI:s översiktliga inventering finns i delar av kustkommunerna och längs flera vattendrag. Bebyggelse som kan påverkas av sådan erosion redovisas på Karta 4-6.



Figur 9-2. Skred i Vagnhärad, 1997. Foto: SGI.

9.3 Förorenad mark

Verksamhet och områden med förorenad mark har valts ut med hänsyn till deras geografiska position. Inom områden med förutsättningar för erosion har alla objekt inom 50 m från strandlinjen, såväl längs kusten som längs vattendrag i inlandet, valts ut. Alla objekt som är belägna inom 50 m från de markerade skredriskområdena anses vara inom riskzonen för skred. De objekt som ligger inom de redovisade ytorna för högsta flöde anses vara utsatta för översvänningsrisk. Generellt kan sägas att översvänningsrisk står för den absolut största delen av de utpekade riskområdena. En komplett lista över de objekt som ligger inom riskområden redovisas i Bilaga 2.

Potentiellt förorenade områden har kartlagts och klassats enligt MIFO-metodiken (Metodik för inventering av förorenade områden). Metoden bygger på en sammanvägd bedömning av föroreningarnas farlighet (hälsa och miljö), föroreningsnivå (hur förorenat ett objekt är baserat på en sammanvägning av halt, mängd och volym), spridningsförutsättningar, områdets känslighet och skyddsvärde. I förorenade områden ingår även nedlagda deponier. MIFO-metodiken och dess bedömningsgrunder är beskrivna i rapporter från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1999). Resultatet av bedömningen medför att objekten inordnas i fyra riskklasser:

- Klass 1 - Mycket stor risk
- Klass 2 - Stor risk
- Klass 3 - Måttlig risk
- Klass 4 - Liten risk

Enligt uppgifter från Länsstyrelsen Gävleborg finns totalt 669 MIFO-klassade objekt i länet. Av dessa tillhör 23 objekt riskklass 1, 137 objekt riskklass 2, 232 objekt riskklass 3 och 277 objekt riskklass 4. Dessutom finns ytterligare 2145 objekt som har identifierats men ännu inte riskklassats. I denna utredning behandlas endast områden med riskklass 1 och 2.

Då ingen information om objektens tidigare användning finns i underlagsmaterialet är det svårt att uttala sig om spridningsrisker hos specifika objekt. Totalt berörs 47 förorenade objekt inom MIFO-klass 1 och 2 av risker för naturolyckor inom erosion och översvämning med hänsyn taget till den förväntade klimatförändringen. Inga objekt berörs av risker för ras och skred.

Det finns sex förorenade objekt med riskklass 1 vilka samtliga är utsatta för översvämningssrisker: Forsbacka bruk, Mackmyra Sulfit, Gävle Galvan AB, Frankssons såg, Alfta Ångsåg och Iggesund Hårdkrom. Frankssons Såg ligger även i ett riskområde för erosion. Övriga 41 objekt har riskklass 2.

Ungefär hälften av de förorenade objekten (23 objekt med riskklass 2 och ett med riskklass 1) är belägna i området Näringen i Gävle. Översvämning är den största risken här, följt av erosion. Följden av översvämning är troligen utlakning av föroreningar till ytvatten och eventuellt föroreningsspridning till icke förorenad mark. Erosion innebär risk för föroreningsspridning till ytvatten. Övriga förorenade områden är spridda över ett större geografiskt område. Även här står översvämning för den största risken. Sju objekt ligger i riskområde för erosion vilket innebär risk för föroreningsspridning till ytvatten.



Figur 9-3. Vy över Ljusdal. Foto: Rolf Berg.

9.4 Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Med miljöfarlig verksamhet avses här verksamhet som enligt Miljöbalken är tillståndspliktig (förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, SFS 1998:899). Riskobjekt kallas sådana verksamheter som omfattas av SEVESO-lagstiftningen.

Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt har identifierats på samma sätt som anges för förorenade områden. En förteckning över de objekt som ligger inom riskområden redovisas i Bilaga 2.

De **miljöfarliga verksamheterna** har beteckningarna A, B eller C. A-verksamheter är de som anses farligast, t.ex. gruvor, pappersmassafabriker och stora vindkraftverk. A-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av miljödomstol eller av regeringen. B-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av länsstyrelsen. Exempel på sådan verksamhet är energianläggningar, olika slags industrier, skjutfält och flottflygplatser. C-verksamheter är endast anmälningspliktiga, exempelvis skjutbanor, Försvarsmaktens hamnar, små industrier, stora växthus och små vindkraftverk.

I denna utredning beaktas verksamheter som hanterar kemikalier och är tillståndspliktiga enligt beteckning A eller B. Enligt uppgifter från Gävleborgs län finns det inom länet 19 A-verksamheter och 145 B-verksamheter.

Följande sju A-klassade verksamheter ligger inom riskområde för översvämning, ras, skred eller erosion vid förväntade klimatförändringar:

ANLÄGGNINGSNAMN

OVAKO Steel AB
AB Sandvik Materials Technology
Forsbacka Avfallsanläggning
Gävle Galvan Varmförzinkning AB
Dewatech AB
Arizona Chemical AB
Iggesund Paperboard AB, Iggesund Bruk

Av dessa hotas Dewatech AB och Iggesund Paperboard AB av både ras/skred och översvämning. Arizona Chemical AB hotas av erosion och övriga fyra objekt ligger inom riskområde för översvämning. Geografiskt är dessa verksamheter spridda över länet. Det är svårt att säga något generellt om konsekvenser av översvämning eftersom anläggningarna är spridda över flera olika branscher. Forsbacka Avfallsanläggning hantear inte farligt avfall, och bör därför inte innebära någon stor risk.

Antalet B-verksamheter med risk för naturolyckor är 33 stycken. 30 av verksamheterna hotas av översvämning och tre av dessa är även utsatta för erosionsrisk. Ytterligare två verksamheter hotas av erosion och en hotas av skred/ras. De berörda anläggningarna har främst verksamhet inom lagring av bränslen och kemiska produkter samt inom avloppsrening och avfallshantering. Det finns risker för kemikalieolyckor och följdolyckor av dessa som konsekvens av översvämning. Objektet med risk för ras och skred, OK-Q8:s Cisterndepå Fredriksskans, bedriver lagring av kemiska produkter. Ett skred i ett sådant område kan orsaka läckage från eller kollaps av cisterner med allvarliga konsekvenser

för miljö och hälsa. Möjliga, och mycket allvarliga, följdkonsekvenser kan vara antändning eller explosion av brandfarliga kemikalier i stora mängder. Konsekvenser för hälsa och miljö bedöms vara lindrigare för naturolyckor som drabbar avloppsreningsanläggningar, med bräddning av avloppsvatten och avbrott i VA-försörjning som möjliga följdhändelser. VA-systemet i sig självt är dock en samhällsviktig funktion som bör skyddas.

När det gäller **riskobjekt** finns i länet 26 anläggningar som är klassade som SEVESO-anläggningar. Många av dessa är även tillståndspliktiga enligt ovan och sammanfaller därför till viss del med A- och B-verksamheterna.

Av riskobjekten finns tio objekt i riskområden för skred, ras, erosion eller översvämning när hänsyn tas till de förväntade klimatförändringarna. Sex av dessa bedriver verksamhet inom petrokemisk industri eller petrokemisk lagring och ligger i Gävle Oljehamn. Dessa är utsatta för risker vid skred, ras eller översvämning. Skred i detta område kan få allvarliga konsekvenser för miljö och hälsa enligt beskrivning i föregående stycke. Ova-ko Steel och Sandvik SMT hanterar gasol vilket inte bör vara farligt vid översvämning, men möjligen vid skred eller ras. Sandvik SMT och Iggesunds Bruk AB hanterar diverse kemikalier som kan orsaka kemikalieolyckor. Vid Boliden Mineral hanteras mineralig, finkrossad malm.



Figur 9-4. Översvämning Arvika, 2001. Foto: SGI.

9.5 Vägar och järnvägar

Riskhantering för vägar och järnvägar påverkas av hur omgivningen ser ut eller användning av det område som påverkar anläggningen. Även utformningen av ingående konstruktioner i väg- eller järnvägsanläggningen påverkar risksituationen.

När det gäller omgivningen är topografi, jordart och påverkan av vatten de faktorer som har störst betydelse. Branta sluttningar, jordarter som silt, lera och sand samt påverkan från nederbörd och strömmande vatten kan påverka stabilitetssituationen negativt. Där dessa faktorer kombineras, som till exempel längs många av de norrländska älvdalarna kan säkerheten vara låg. Översvämningsrisken är av naturliga skäl störst i låglänta områden i anslutning till sjöar eller vattendrag.

Även användningen av omgivande markområden har avgörande betydelse för säkerheten mot ras, skred och erosion. Förändringarna i risknivå kan ske under lång tid eller nästan omedelbart. Exempel på smygande förändringar är dräneringar som installerats i omgivande skogs- eller jordbruksmark men därefter inte underhålls. Dammkonstruktioner, som inte underhålls, uppströms väg eller järnväg kan också utgöra hot när de bryter. Snabba förändringar kan bero på skogsavverkningar där effekterna blir ännu större vid efterföljande markberedning. Exploatering av naturmark till hårdgjorda ytor eller ny- eller ombyggnad av anläggningar påverkar även avvattningsituationen.

Även väg- eller järnvägsanläggningens utformning påverkar risken för ras, skred och erosion. Det gäller utformning av avvattningsanläggningar såsom diken, trummor och dräneringar, erosionsskyddens utbredning och motståndskraft samt uppbyggnad av jordkonstruktioner. Anläggningsägaren Trafikverket är medveten om betydelsen av dessa och förbättrar anläggningarna successivt.

Genomförda riskanalyser för vägar

Vägverket påbörjade år 2007 en analys av riskerna längs det nationella vägnätet. I Gävleborgs län har sträckor för analys valts ut tillsammans med de personer som sköter driften av vägarna. De kriterier som legat till grund för urvalet har varit stor trafikmängd eller tidigare observerade situationer som skulle kunna vara tecken på problem med stabiliteten eller risk för översvämning. Ett annat kriterium för urval har varit sträckor som innehåller en eller flera av de faktorer som bedöms ha betydelse för säkerheten såsom branta lutningar besvärliga jordarter eller ogynnsam vattensituation. Exempel på sträckor som analyserats är väg E4, väg 56 Gysinge-Valbo, väg 83 från Bollnäs och norrut mot länsgränsen och väg 301 i Voxnans dalgång.

Resultatet från riskanalyserna på vägnätet i Gävleborgs län visar att länet är förskonat från stora risker för skred, ras, erosion och översvämningar som finns i vissa andra delar av landet. Det betyder inte att det finns någon garanti för att problem inte ska uppstå, men Trafikverket gör den bedömningen att de åtgärder som vidtas i den löpande verksamheten är tillräckliga

Resultatet från riskanalyserna ingår i den löpande verksamheten för drift och underhåll av vägnätet. Behov av ombyggnader åtgärdas efterhand. Innan de har hunnit åtgärdas får driftpersonalen varningar när väderläget kräver större beredskap. Det gör att man under vissa perioder kan öka övervakningen på kända ställen.

Järnvägar

Trafikverket genomför regelbundet säkerhetsbesiktningar av banorna. Tidsintervallet mellan besiktningstillfällena är beroende av vilken anläggningsdel som avses, banans trafikbelastning uttryckt som antal bruttoton och största tillåtna hastighet. Det betyder att anläggningsdelar som har betydelse för ras- och skredsynpunkt som trummor, diken, dräneringar och erosionsskydd säkerhetsbesiktigas 2-3 gånger per år på de flesta banorna. I samband med säkerhetsbesiktningen får de delar av anläggningen som innehåller fel eller försämras successivt besiktninganmärkningar. När anmärkningarna senare åtgärdas kan fel som kan leda till olyckor eller tillbud förebyggas eller förhindras. Det finns i dagsläget inga kända järnvägssträckor med risker för naturolyckor i Gävleborgs län.

Längs ett fåtal speciellt utsatta sträckor i landet har Trafikverket ras- och skredvarningssystem installerade. Rasskydd finns på ett fåtal platser. Ingen av dessa installationer finns längs järnvägar i Gävleborgs län.

9.6 Flygfält

I Gävleborgs län finns tre mindre flygplatser: Gävle-Sandviken, Helsinge Airport (även kallad Söderhamns flygplats) och Hudiksvalls flygplats, som till år 2000-2001 användes för reguljärtrafik till Stockholm-Arlanda. Enligt uppgifter från Luftfartsverket används dessa idag inte för persontransporter. De verksamheter som bedrivs där idag är bland annat charterflyg, taxifyg, ambulansflyg, privatflyg och flygsport. Flygplatserna ägs till stor del av kommunerna i länet.

Sammanfattningsvis bedöms det inte finnas några större förutsättningar för naturolyckor när det gäller flygtransporter.

9.7 Hamnar

De förhållanden som kan påverka sjötransporter är främst ökade vattennivåer i havet, erosion samt ras och skredrisker för hamnar och farleder vid Östersjön.

Gävle

Enligt uppgift från Gävle kommun är trafiken i Gävle hamn mycket omfattande med transport av containers, trävaror, papper, stål och petroleumprodukter. Detaljerade stabilitetsutredningar utförs för nya byggnader och infrastruktur i hamnområdet. Underhållsmuddring måste göras kontinuerligt, då det sker en ständig transport av sediment från Gävleån ut i hamnbassängen. Det finns ingen översiktlig inventering utförd när det gäller ras, skred och översvämningar förutom MSB:s stabilitetskartering.

Söderhamn

Söderhamns Stuveri & Hamn AB startade sin stuveriverksamhet 1927 och övertog under 1996 kommunens hamnverksamhet. Verksamheten omfattar idag både stuveri och diverse hamnsysslor. Enligt uppgift från företaget finns inga problem med stabiliteten och det har heller inte utförts några översiktliga undersökningar eller översvämningsskarteringar.

Hudiksvall

Hudiksvall har enligt uppgift från kommunen ingen aktiv hamnverksamhet. Det är endast fiskebåtar och kryssningsfartyg som använder hamnen. Kommunen har planer på att exploatera hamnområdet för bostäder och industrier. Inga utredningar har hittills utförts av kommunen. Privata aktiva hamnar finns i Inre Hudiksvallsfjärden nära centrum (Ericsson Cable) och i Skärnäs (det Holmenägda Iggesunds bruk).

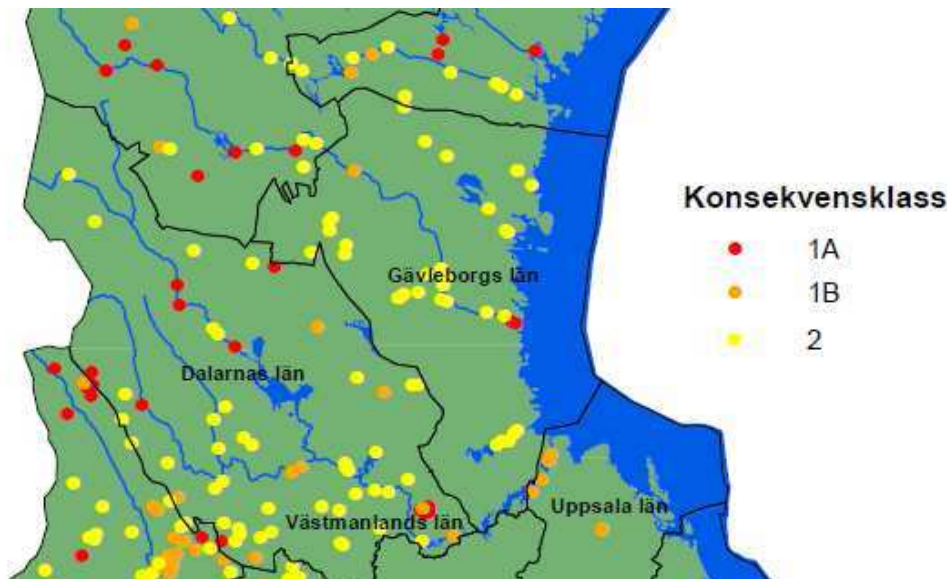
9.8 Dammar

Det finns stora osäkerheter kring det framtida klimatet men detta bör inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så är lämpligt (SOU 2007:60, Bilaga B 9).

Det material som använts som kartunderlag för dammar baseras på Svenskt dammregister (SMHI). Detta register bygger på uppgifter från länsstyrelsernas inventering av dammar under 1980-talet. Inventeringarna har gjorts utifrån skilda kriterier på olika håll i Sverige. För Gävleborgs län omfattar inventeringen alla dammbyggnader som ligger i vattendrag med en medelvattenföring större än 0,5 m³/s. Dessutom har inventerats dammbyggnader som innehåller magasin av en storlek som gör att dammens beskaffenhet är av betydelse från säkerhetssynpunkt. Ytterligare dammar från Länsstyrelsens Gävleborg eget register redovisas i kartbilagan. En uppdatering av SMHI:s dammregister pågår men något slutgiltigt datum för färdigställandet är inte fastställt (Svenskt dammregister, 1995).

Utförligare information om dammar sammanställs årligen av Svenska kraftnät, som 2003 introducerade en rutin för rapportering av dammsäkerhet. Länsstyrelserna sammanställer svar från dammägarna beträffande de viktigaste frågorna om dammsäkerhet och rapporterar dessa till Svenska Kraftnät. Dammar klassificeras efter hur stora konsekvenserna bedöms bli i händelse av dammbrott enligt kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet (RIDAS). I klass 1A, 1B och 2 placeras de dammar som vid ett dammbrott kan orsaka beaktansvärda skador på människor, miljö, samhällsanläggningar och andra ekonomiska värden (Svenska Kraftnät, 2008).

Enligt Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008 finns i Gävleborgs län 2 dammar av riskklass 1A, 1 damm av riskklass 1B och 33 dammar tillhörande riskklass 2. Dessa dammars lägen framgår inte av bifogat kartmaterial, vilket endast visar samtliga dammar i SMHI:s och Länsstyrelsens register utan särskild riskklassning. Klass 1 och 2-dammar framgår istället av Figur 9-3, liksom konsekvensklassade dammar i delar av omgivande län. För de stora älvarna har naturligtvis uppströms dammar som inte ligger i länet betydelse för områdena längre nedströms. För Ljusnan och Dalälven finns ett flertal klass 1 och 2-dammar uppströms, utanför Gävleborgs län (Svenska Kraftnät, 2008).



Figur 9-3. Dammanläggningar i konsekvensklass 1A, 1B respektive 2. I Gävleborgs län och delar av omgivande län. (Svenska Kraftnät, 2008)

Extrema flöden är den klimatfaktor som är helt dominerande när det gäller dammsäkerhet. Om avbördningskapaciteten inte är tillräcklig kan detta leda till att dammen översvämmas vilket i sin tur kan leda till dammbrott. En fyllningsdamm tål inte överströmning av dammkrönet i någon större omfattning. Även betongdammar kan vara känsliga för överströmning av dammkrönet. Även klimatfaktorer som vind, tjäle och is påverkar i varierande grad men i mindre omfattning än extremflöden (SOU 2007:60, Bilaga B 9).

För Ljusnan genomfördes 2006 ett pilotprojekt inom beredskapsplanering för dammbrott. Projektet drevs inom Elforsk och har följts av liknande påbörjade utredningar, bland annat för Dalälven (Elforsk, 2006).

För närvarande pågår ett omfattande arbete med att ta fram metoder för att beräkna de hydrologiska konsekvenserna av ett förändrat klimat för vattenkraftindustrins frågeställningar. Detta utförs främst inom projektet "Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv" (Andréasson et al., 2009).

För att möta det krav på klimatanpassning som nyutgåvan av riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar ställer (Svensk Energi, m.fl., 2007) har en kommitté tillsats gemensamt mellan berörda myndigheter, vattenkraftindustrin och gruvindustrin. Kommittén har fått namnet *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv*. Kommittén följer det pågående forskningsarbetet och ska bland andra uppgifter utarbeta en vägledning för hur framtida flödesdimensioneringsberäkningar för dammar ska utformas för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat. Arbete beräknas vara klart under 2011. Eftersom de svenska riktlinjerna för flödesdimensionering för dammar också blivit standard vid framtagandet av de översiktliga översvämningskartor som MSB ansvarar för kan man förvänta sig att arbetet inom kommittén också kommer att få stor betydelse för översvämningskarteringen och därmed för den fysiska planeringen.

10 STRATEGIER OCH ÅTGÄRDER FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR

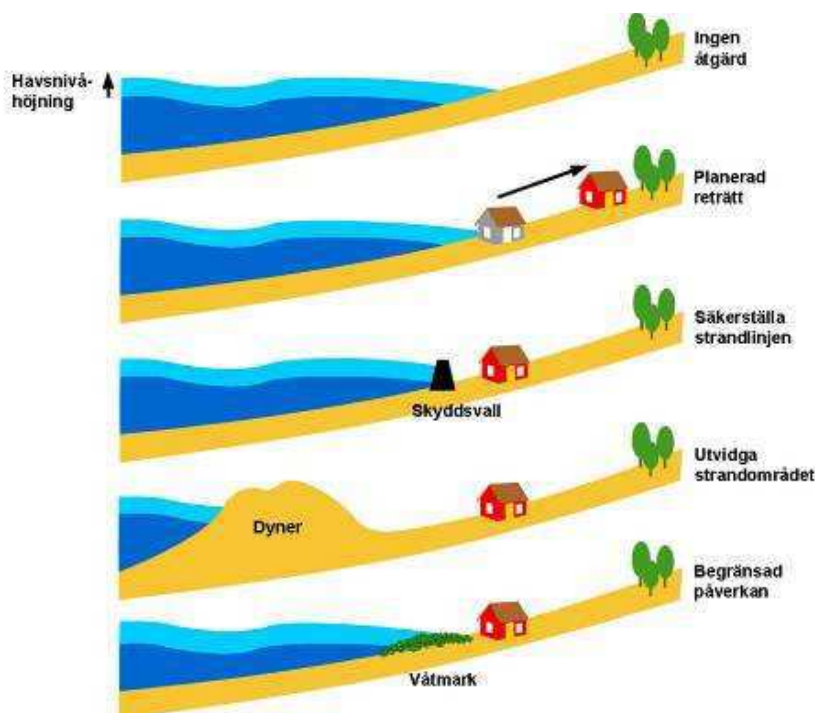
10.1 Strategier för markanvändning

Det råder fortfarande stor osäkerhet kring detaljerna om hur klimatet kommer att utvecklas i en given region, något som speciellt gäller för extrema väderhändelser. Detta kommer att gälla en lång tid framöver. Budskapet ändras också efterhand som nya data och beräkningar blir tillgängliga från forskarsamhället. En ytterligare osäkerhet är hur det internationella samfundet skall lyckas hejda utsläppen av växthusgaser i framtiden och vad detta medför för klimatet.

Mot denna bakgrund bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade **säkerhetsmarginaler** vid fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning eller erosion.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en **flexibel markanvändning**, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet.

För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred och ras finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse, jfr Figur 10-1.



Figur 10-1. Alternativa strategier för utveckling och skydd av strandnära områden (Eurosion, 2004).

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

10.2 Förebyggande åtgärder mot naturolyckor

Det finns ett stort antal olika metoder som kan tillämpas för att säkerställa skydd av områden med risk för naturolyckor. En sammanställning gjordes i samband med en översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion som underlag för Klimat- och sårbarhetsutredningen. (SOU 2007:60, bilaga B 14). För skydd mot olika typer av naturolyckor hänvisas till denna rapport.

Det finns risker för naturolyckor redan för dagens förhållanden och dessa kommer att öka till följd av klimatförändringar. Det behövs redan nu göras vissa åtgärder medan andra kan utföras vid ett senare tillfälle, då sannolikt bättre kunskap finns om klimatets påverkan. Det innebär att man kan anpassa förstärknings- och anpassningsåtgärder och successivt öka skyddet mot skred/ras, erosion och översvämning. I vilken omfattning och för vilka tidsperspektiv som anpassningsåtgärder ska vidtas behöver studeras mer detaljerat.

11 REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra var risker finns för naturolyckor för befintlig bebyggd miljö och som underlag för exploatering av ny bebyggelse. Med utgångspunkt från de översiktliga riskvärderingarna föreslås följande rekommendationer för den fortsatta planeringen och anpassning till förändrat klimat.

Generellt bör tillämpas en strategi som präglas av tillräckliga säkerhetsmarginaler i den långsiktiga fysiska planeringen. Det är också viktigt att skapa flexibilitet, dvs. att undvika att bygga fast sig i lösningar som är svåra att korrigera i efterhand.

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida exploateringar. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna i belastningar från klimatet påverkar situationen negativt. För att få underlag för en specifik plats krävs en undersökning av topografin, aktuella jord- och vattenförhållandena och belastningssituationen på den platsen. Dessutom krävs en bedömning av konsekvenserna till följd av de förväntade förändringarna av klimatet.

För *exploateringsområden* är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål. Hänsyn måste då tas till risker för skred, ras, erosion och översvämning och en utgångspunkt måste då vara livslängden hos bebyggelse, anläggningar, transportinfrastruktur etc., normalt mer än 100 år. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas.

Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö som bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom länet. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Markanvändningen inom och i anslutning till områden med förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt bör föregås av utredningar för bedömning av risker. Hänsyn ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och de följd effekter (ras, skred, erosion och översvämning) som redovisas i denna utredning.

Dammar

Dammsäkerhet handlar om komplexa system och stora investeringar. För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så erfordras.

Arbete pågår med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat, se kapitel 9.8.

Följande förhållanden bör dessutom beaktas för de olika typerna av naturolyckor:

Översvämning

När det gäller framtida klimatpåverkade vattenstånd bör utgångspunkten vara de bedömningar som redovisas i denna utredning i kapitel 5 och 6. På längre sikt är det viktigt att bevaka de nya resultat som kommer fram genom den fortsatta forskningen.

Erosion

Strandnära områden med den omfattning som anges i kapitel 7 kan komma att påverkas av erosion då hänsyn tagits till klimatförändringar fram till år 2100 om inga åtgärder vidtas. Med nuvarande förhållanden kommer erosion successivt att minska strandens bredd och i samband med högt vattenstånd och/eller stormar erodera delar av stränderna vid kusten.

I vattendragen i länet förväntas medelhöga vattenflöden komma att få längre varaktighet. Detta innebär att för större delen av länet kan erosionen längs vattendrag komma att öka.

Stränderna vid kuster och vattendrag måste därför skyddas mot erosion. Detta gäller för områden med både befintlig och planerad ny bebyggelse.

Ras och skred

För att klargöra markens lämplighet för bebyggelse behöver områden som bedömts ha förutsättningar för ras- och skredrisker undersökas närmare. Detta gäller områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas. Inom de områden med befintlig bebyggelse, där enligt MSB:s översiktliga kartering stabiliteten inte kunnat säkerställas, bör detaljerade undersökningar utföras.

12 BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

Översvämning

De framtida beräknade havsnivåerna kan komma att förändras efterhand som nu kunskap utvecklas och nästa rapport från IPCC kan förväntas inom några år. Under tiden är det viktigt att följa och värdera nya forskningsresultat efterhand som de blir tillgängliga. Det är också angeläget att ta del av internationella bedömningar, liknande de som sammanställts i kapitel 6.3. Effekter av framtida havsnivåer på t.ex. dagvattennätet bör studeras.

Detaljerade studier av översvämningsrisk längs vattendrag bör utföras. Detta kräver dock bättre höjddataunderlag (ny nationell höjdmodell), bättre beskrivning av vattendragens botten-topografi (batymetri) och mer underlag i form av uppmätta flöden och nivåer. Framtida översvämningsrisker kan bedömas med klimatförändrade flöden som underlag.

Effekter från våguppsköljning har inte tagits med i denna utredning. Vid planerad exploatering längs kusten bör en sådan komplettering göras, både för dagens och för framtidens havsnivåer. För bästa möjliga resultat är det en förutsättning att topografi och batymetri i kustzonen är väl kända.

Erosion

I denna översiktliga utredning har konstaterats att det för vissa områden längs kusten och vid vattendrag finns risker för erosion, för dagens klimat och i ökad utsträckning till följd av klimatförändringar. Som underlag för framtida planering och anpassning av befintlig bebyggd miljö behöver mer detaljerade studier göras av utsatta områden för att bedöma vilka områden som kan hotas och var det finns behov av förebyggande åtgärder.

På vissa sträckor längs kusten kan finnas olika typer av erosionsskydd. Dessa bör inventeras närmare med avseende på höjda havsnivåer och vid behov förstärkas.

Ras och skred

Inom de områden som identifierats ha förutsättningar för ras och skred behöver stabiliteten klargöras närmare för berörd befintlig bebyggelse. Detta gäller även för områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas.

Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Inom förorenade områden bör en översiktligt riskbedömning göras enligt kvalitetsmanualen för efterbehandling av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2008) med hänsyn tagen till klimatförändringar och följd effekter (skred, ras, erosion och översvämning). Underlagen för en sådan bedömning kan baseras på de scenarier som redovisas i denna rapport. Om riskbedömning tidigare utförts bör denna stämmas av och eventuellt uppdateras för att även innefatta de förväntade klimatförändringarna. En separat studie

föreslås avseende kommunens förmåga att hantera VA systemet inklusive dagvattenhantering i samband med översvämningar där man innefattar potentiell inverkan av kolförma bakterier och andra mikroorganismer.

Dammar

Mot bakgrund av bl.a. de osäkerheter som klimatfrågan tillför bör beräkningsförutsättningarna ses över regelbundet. Jämförelser mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden bör utföras fortlöpande. Systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimatscenarier. Nya förutsättningar kan leda till att dimensioneringsberäkningarna behöver revideras.

Ägare till dammar (verksamhetsutövare) har enligt Miljöbalken ansvar för dammsäkerheten och ska bland annat svara för underhåll och ha rutiner för egenkontroll. Länsstyrelsen är operativ tillsynsmyndighet för dammars säkerhet. För dammar där ägarna arbetar enligt RIDAS riktlinjer bedöms risker för naturolyckor hanteras på tillfredsställande sätt. Det finns däremot behov av en uppdatering av uppgifter om övriga dammar i länet, där säkerheten är oklar och där ett dammbrott kan orsaka omfattande skador.

13 REFERENSER OCH UNDERLAGSMATERIAL

Andréasson, J., Hellström, S.-S., Rosberg, J. och Bergström, S. (2007). Översiktlig kartpresentation av klimatförändringens påverkan på Sveriges vattentillgång – Underlag till Klimat och sårbarhetsutredningen. SMHI rapport, Hydrologi nr 106, Norrköping.

Andréasson, J., Bergström, S. och Gardelin, M. (2009). Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv. Delrapport från SMHI till Elforsk, november 2009.

Atlas över Sverige, blad 15-16. Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Stockholm 1953-1971.

Dutch Delta Committee (2008) Advice summary.
www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf

Efterbehandling av förorenade områden. Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering. Naturvårdsverket (2008). Utgåva 4.

Elforsk (2006). Dammsäkerhet, beredskapsplanering för dammbrott – Ett pilotprojekt i Ljusnan, Elforsk rapport 05:38.

EuroSION reports (2004). Living with coastal erosion in Europe, Sediment and Space for Sustainability part 1 to 5_8b. www.euroSION.org Reports on line, 2009-03-31.

GIS-baserad inventering av karteringsbehovet i Sveriges olika kommuner. (2003). SGI dnr 2-0303-0118, uppdrag åt Räddningsverket.

Hultén, C. et al. (2005). Släntstabilitet i jord. Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. SGI Varia 560:1.

IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Klimatet och dammsäkerhet i Sverige. Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60, Bilaga B 9.

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S. (1997). Development and test of the distributed HBV-96 model. Journal of Hydrology 201, 272-288.

Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata. (1999). Naturvårdsverket, Rapport 4918.

Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Analys- och testmetoder. (1999). Naturvårdsverket, Rapport 4947.

Nakićenović, N. et al (2000). IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge Univ. Press, 599 pp.

Naturvårdsverket (2007). FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden. Sammanfattning för beslutsfattare. Rapport 5677, Stockholm.

Omfattning av stranderosion i Sverige. Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden. SGI Varia 543:2. Statens geotekniska institut.

Personlig kommunikation med Håkan Jonforsen, Luftfartsverket.

Personlig kommunikation med Jonas Rahm, Gävle hamn.

Personlig kommunikation med Tommy Eriksson, Söderhamns Stuveri & Hamn AB.

Personlig kommunikation med Jan Kroppegård, Hudiksvalls kommun.

Personlig kommunikation med Peter Rehnman, Vägverket Härnösand.

Personlig kommunikation med Stefan Johansson, Vectura Härnösand

Personlig kommunikation med Eskander Bashiry, Banverket Gävle

Persson, G., Barring, L., Kjellström, E., Strandberg, G. and Rummukainen, M. (2007). Climate indices for vulnerability assessments. SMHI Reports Meteorology and Climatology, No 111, Norrköping.

Räddningsverket (1999-2002). Översiktliga översvämningskarteringar.

- Dalälven, biflödet Lillälven (Svärdsjövattdraget) samt Faluån, Rapport nr. 11.
- Delångersån, Rapport nr. 35.
- Gävleån, Rapport nr. 28.
- Ljusnan, Rapport. SRV D-nr 249-276-1999.
- Testeboån, Rapport nr. 30.
- Voxnan, Rapport nr. 35.

SGU:s geologiska kartering/jordartskartor:

- Ser Ca nr 42, norra och södra bladen i skala 1:200 000 (täcker hela länet)
- Ser Ak nr 30 och 31 i skala 1:50 000 (delar av Bollnäs och Gävle kommun)
- Ser Ak nr 37 (delar av Hofors kommun)
- Ser Ak nr 26, 27, 29, 38, 39 och 40 (delar av Hudiksvalls och Nordanstigs kommun)
- Ser Ak nr 42 (delar av Ljusdals kommun)
- Ser Ak nr 31, 33 och 35 (delar av Ockelbo kommun)
- Ser Ak nr 35, 37 och Ae nr 74 (delar av Sandvikens kommun)
- Ser Ak nr 30, 32, 33 och 40 (delar av Söderhamns kommun)
- 16 H (4 blad), digital plottad karta i skala 1:50 000 (delar av Bergsjö kommun)

Svenskt dammregister. Norra Sverige. SMHI Hydrologi nr 56, 1995.

Svensk Energi, m.fl. (2007). Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.

Svenska Kraftnät (2008). Sammanställning av rapporter avseende dammsäkerhet år 2008. Dnr 2009-272.

Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.

Sveriges läns framtida klimat

<http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/klimatanalyser/Sveriges-lans-framtida-klimat-1.8255>, 2010-04-15.

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J and Wetterhall, F. (2010). Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. Hydrology Research, 41.3-4, 211-229.

Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i vattendrag. SGI Varia 602:2. Statens geotekniska institut.

Översiktlig skredriskartering, Gävleborgs län. Uppdrag åt Räddningsverket, Sweco 2008-02-29.

Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60, Bilaga B 14

Gävleborgs län Regional klimat- och sårbarhetsanalys

Bilaga 1

Klimatscenarier

Allmänt om klimatscenarier

För att få en översiktlig bild av framtidens klimat använder man sig av globala klimatmodeller (GCM). Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarioer. För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen i utkanten av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHI:s forskningsavdelning (Bergström et al., 2010).

För att kunna räkna på framtidens klimat krävs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Här brukar man använda utsläppsscenarioer som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Dessa bygger på antaganden om världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović m.fl., 2000). I utsläppsscenarioerna görs olika antaganden om jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet (Bergström et al., 2010).

Genom att köra klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens respektive framtida förhållanden får man en bild av förändringen av klimatet. Det är viktigt att komma ihåg att resultatet från alla beräkningar av det framtida klimatet baseras på antaganden om världens utveckling som är ganska pessimistiska. Man räknar normalt inte med effekterna av eventuella lyckosamma politiska förhandlingar för att minska utsläppen globalt, det betyder att det så kallade tvågradersmålet som diskuteras som en rimlig målsättning inte antas uppnås. Under senare tid har dock även sådana beräkningar börjat göras (Bergström et al., 2010).

















Under flera år användes huvudsakligen fyra regionala klimatscenarier för de flesta studierna av klimateffekter i Sverige inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007). Dessa fyra klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). Den regionala klimatmodellen från Rossby Centre, som då användes för tolkning av de globala modellernas resultat till svenska förhållanden, benämndes RCAO-modellen (Bergström et al., 2010).

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. Det europeiska ENSEMBLES-projektet syftar till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmo-

deller. Rossby Centre deltar i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3. Dessutom finns det ytterligare regionala modellberäkningar tillgängliga vid Rossby Centre (Tabell 1).

Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från CNRM i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från METNO i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI.

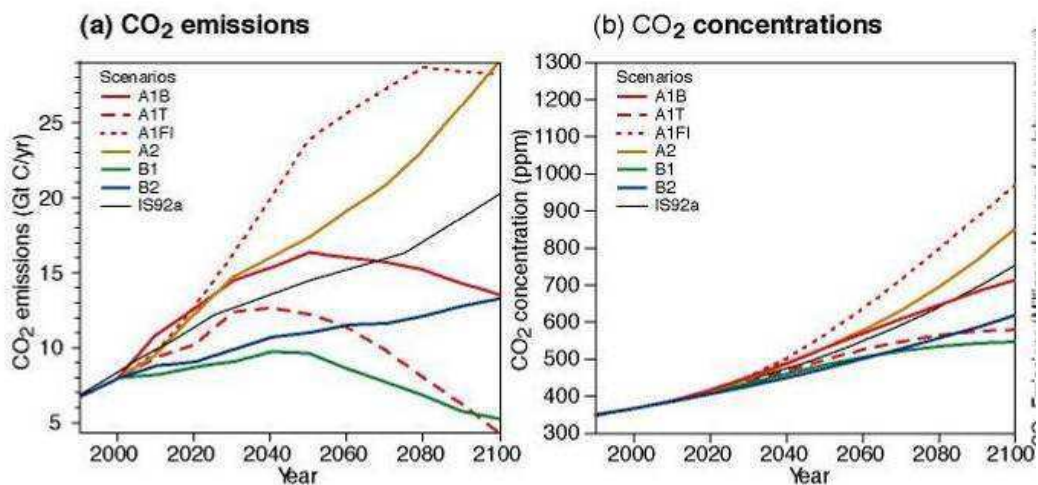
Tabell 1. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM).

Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CNRM	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

Det utsläppsscenario som huvudsakligen används inom ENSEMBLES benämns A1B (Nakićenović & Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, har också använts. Närmare beskrivning av dessa finns i Figur 1. Där framgår att B1-scenariet närmast kan tolkas som ett scenario där koncentrationerna av växthusgaser stabiliseras (Bergström et al., 2010).

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar (Bergström et al., 2010).

Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser (Bergström et al., 2010).



Figur 1. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ och resulterande CO₂-koncentrationer enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

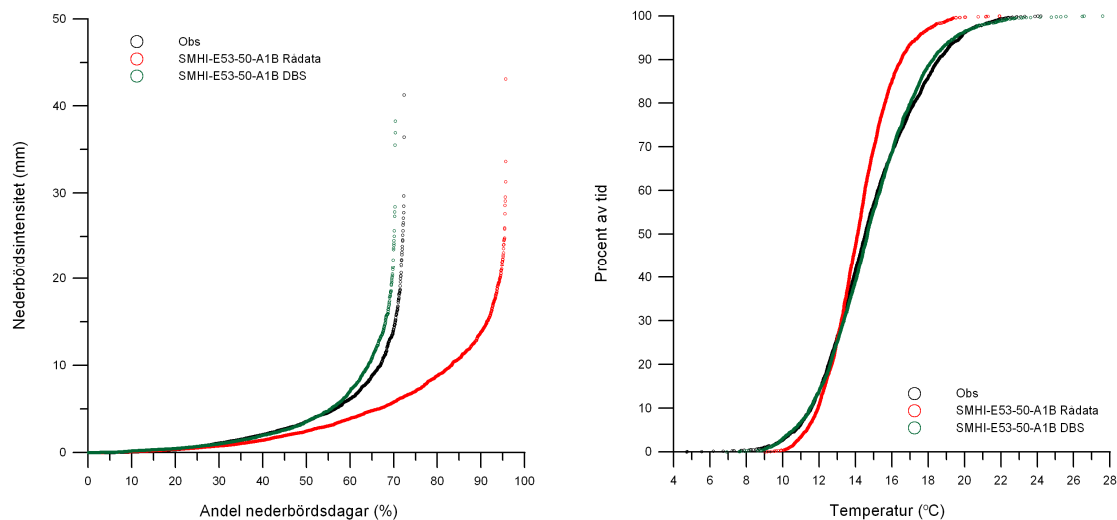
Anpassning av klimatmodelldata

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera hydrologiska effekter krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en ny metod utvecklats som gör det möjligt att anpassa utdata från klimatmodellerna så att de kan användas som indata till hydrologiska modellberäkning-

ar. Metoden benämns DBS-metoden (Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata direkt kan användas som indata till HBV-modellen. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen därmed, förutom förändringar i medelvärden, även de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl. (2009).

Figur 2 visar exempel på skillnaden mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden. Särskilt viktigt är att den överskattning av antalet nederbördsdagar som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur 2 Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden för ett område i södra Sverige (månaderna juni-augusti 1961-1990). Till vänster nederbörd (antal dagar med olika nederbördsintensitet), till höger dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids).

En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

Anpassning av klimatmodellensdata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och lufttemperatur. Förändringen av den potentiella avdunstningen antas vara proportionell mot temperaturändringen. Ingen hänsyn har tagits till en eventuell förändring av hur avdunstningen sker i det framtida klimatet beroende på exempelvis förändrad vegetation.

Denna typ av bearbetning av klimatmodellensdata är ett nödvändigt steg för att resultaten ska kunna användas i komplexa effektstudier.

Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25- resp. 75 % percentilen, vilket i princip innebär alla data förutom de fyra högsta samt de fyra lägsta när 16 scenarion används.

Metoden som använts karakteriseras av att flera möjliga klimatscenarion används, en så kallad *ensemble*, och resultatet bearbetas statistiskt. Syftet är att öka noggrannheten i analysen och identifiera trender som är generella mellan olika scenarion. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar där det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och mycket olika scenarion med som kan medföra mycket olika effekter. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarion bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt.

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys är påverkade av:

- Val av utsläppsscenario
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

Ett utsläppsscenario är ett antagande om hur emissioner av växthusgaser kommer att utvecklas under en tidsperiod. De utsläppsscenario som används i denna rapport är både konsistenta och tänkbara, men ingen av dem är mer trolig än de andra (www.smhi.se). Effekten av olika utsläppsscenario har störst betydelse för beräkningar bortom år 2050.

Spridningen i resultat kan vara betydande för vissa klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Flera olika beskrivningar kan analyseras parallellt för att uppskatta om skillnaderna i beskrivningen av klimatologiska processer är underordnade de storskaliga trenderna i resultat eller inte. Trender i respons, som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenario, är således att betrakta som mer robusta eftersom samma resultat uppnåts med olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenario är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t.ex. korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet (www.smhi.se).

Gävleborgs län
Regional klimat- och sårbarhetsanalys

Bilaga 2

Förteckning över potentiella riskområden vid förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt

Nedan presenteras en sammanställning av de förorenade objekt, riskobjekt och miljöfarliga verksamheter som behandlas i kapitel 9. Verksamhet och områden med förorenad mark har valts ut med hänsyn till deras geografiska position. Inom erosionsriskområden har alla objekt inom 50 m från strandlinjen, såväl längs kusten som längs vattendrag i inlandet, valts ut. Alla objekt som är belägna inom 50 m från de markerade skredriskområdena anses vara inom riskzonen för skred. De objekt som ligger inom de redovisade ytorna för högsta flöde anses vara utsatta för översvämningsrisk.

De tre kolumnerna till höger visar vilken/vilka naturolycksrisker som hotar objekten, där 'ja' betyder att risk föreligger medan "nej" innebär att någon risk inte identifierats.

Företrade områden riskklass 1

OBJEKT	FASTIGHET	RAS / SKRED	ÖVERSVÄMMNING	EROSION
Forsbacka bruk	Forsbacka 1:2, 1:21, 1:25-27, 1:29, 1:32-34	nej	ja	nej
Mackmyra Sulfit	Mackmyra 19:2 (huvudfastighet), 19:3 och 12:1.	nej	ja	nej
Gävle Galvan AB	Närigen 18:6 och 18:7	nej	ja	nej
Frankssons såg	Gäveränge 1:15, 1:48, 1:56, 1:61, 1:63, 1:64, 1:65, 7:20, Östby 1:39, Prästbordet 1:51	nej	ja	ja
Alfta Ängsåg	Alfta Kyrkby 9:21	nej	ja	nej
Iggesund Hårdkrom	Iggesund 14:275	nej	ja	nej

Företrade områden riskklass 2

OBJEKT	FASTIGHET	RAS / SKRED	ÖVERSVÄMMNING	EROSION
Fagersta bruk och sågverk	Fagersta S:2	nej	ja	nej
Hammarby sulfittfabrik	Hammarby 12:1, 12:2, 12:4, 12:5, 12:6, 12:7, 12:8 samt Hammarby 6:11 och 6:152.	nej	ja	nej
Ovako	Hofors 11:172	nej	ja	nej
Sveden 1:14	Sveden 1:14	nej	nej	ja
Äby 1:182 och Nybo 5:4	Äby 1:182 och Nybo 5:4	nej	ja	nej
Brynäs 18:6	Brynäs 18:6 (fd Brynäs 18:1)	nej	nej	ja
Oljedepå Alderholmen	Alderholmen 16:1 och 16:2	nej	nej	ja
Närigen 13:13 (Wahlströms Datanät i Gävle AB)	Närigen 13:13	nej	ja	nej
Närigen 14:5 (f.d. Cementvarufabrik)	Närigen 14:5	nej	ja	nej
Närigen 14:10 (f.d. Case Sweden AB)	Närigen 14:10	nej	ja	nej
Närigen 14:6 (åkeri)	Närigen 14:6	nej	ja	nej
Närigen 15:3 (Boströmska varvet)	Närigen 15:3	nej	ja	nej
Närigen 14:11 & 14:7 (åkeri & parkering)	Närigen 14:11 & Närigen 14:7	nej	ja	nej
Närigen 14:9 (Arvid Svenssons skrot)	Närigen 14:9	nej	ja	nej
Närigen 12:7 och 12:8 (f.d. Tabulator AB)	Närigen 12:7, Närigen 12:8	nej	ja	nej
Närigen 12:6 (Weikvist Isolering AB)	Närigen 12:6	nej	ja	nej
Närigen 15:2 (Gävle Alltransport AB)	Närigen 15:2	nej	ja	nej
Närigen 12:2 (AB Svenska Shell)	Närigen 12:2	nej	ja	nej
Närigen 12:5 (Bröderna Pålssons Åkeri AB)	Närigen 12:5	nej	ja	nej
Närigen 15:6 (f.d. Movag)	Närigen 15:6	nej	ja	nej
Närigen 12:3 (Gävle Alltransport AB)	Närigen 12:3	nej	ja	nej
Närigen 21:2 och 21:3 (Anders Diös AB)	Närigen 21:2, Närigen 21:3	nej	ja	nej
Närigen 15:7 (SITA)	Närigen 15:7	nej	ja	nej
Närigen 12:4 (Murtek Sverige AB)	Närigen 12:4	nej	ja	nej
Närigen 12:1 (L. Gillbergs Bil & Plåt AB)	Närigen 12:1	nej	ja	nej
Närigen 11:3 (Br Sundströms Skrot & Metallaffär)	Närigen 11:3	nej	ja	nej
Närigen 22:3 (Gävle Betongvaru AB)	Närigen 22:3	nej	ja	ja
Närigen 22:2 (norra)	Närigen 22:2	nej	ja	nej
Närigen 10:4 (Ericsson)	Närigen 10:4	nej	ja	nej
Närigen 3:1 (Avaström/Naturresevat)	Närigen 3:1 (del som utgör Testeboås delta, sydöst om Närigen 25:1, 25:2)	nej	ja	ja
Gävle Hamn, Fredriksskans	Fredriksskans 2:1	nej	ja	nej
Amerikanska klädpresen Hjortstigen 1	Stigslund 32:3	nej	ja	nej
Kolforsens tjärfabrik	Östby S:18	nej	ja	nej
Wij valsverk	Vi 1:150	nej	ja	nej
Nordanäsbo tjärfabrik	Nordanäsbo 1:20	nej	ja	nej
Ljusne Kättingfabrik (gamla)	Ljusne 29:47	nej	nej	ja
Voxna Träoljefabrik	Voxna 65:1	nej	nej	ja
Sandvik SRP	Koldemo 24:12	nej	nej	ja
Wallsta ängsåg	Arbrå-Åkre 4:1, Arbrå-Åkre 4:3 och Arbrå-Åkre 4:4.	nej	ja	nej
Rolfstaän		nej	ja	nej
Östernäs sågverk	Östernäs 11:4, Östernäs 11:5, Östernäs 11:6 och Östernäs 15:1	nej	ja	nej

Miljöfarlig verksamhet A

ANLÄGGNINGSNAMN	RAS / SKRED	ÖVERSVÄMNING	EROSION
OVAKO Steel AB	nej	ja	nej
AB Sandvik Materials Technology	nej	ja	nej
Forsbacka Avfallsanläggning	nej	ja	nej
Gävle Galvan Varmförzinkning AB	nej	ja	nej
Dewatech AB	ja	ja	nej
Arizona Chemical AB	nej	nej	ja
Iggesund Paperboard AB, Iggesund Bruk	ja	ja	nej

Miljöfarlig verksamhet B

ANLÄGGNINGSNAMN	RAS / SKRED	ÖVERSVÄMNING	EROSION
Återvinningscentral Hedesunda	nej	ja	nej
HEAB Ångcentral o Värmepumpar	nej	ja	nej
Val'Eas	nej	ja	nej
Arc Metal Raffinering AB	nej	ja	nej
ScanArc Plasma Technologies AB	nej	ja	nej
Kungsgårdens avl.r.verk	nej	ja	nej
Lindbergs & Son:s återvinning i Forsbacka	nej	ja	nej
Mackmyra Svensk Whisky AB	nej	ja	nej
Valbo Trävaru AB	nej	ja	nej
Setra Trävaror AB i Valbo	nej	ja	nej
Carlsborg hetv.centri (reserv)	nej	nej	ja
Ruukki Sverige AB	nej	ja	nej
Gävle Galvan Tryckkärl AB	nej	ja	nej
Stena Recycling AB - Gävle	nej	ja	nej
Fredriksskans FA Mellanlager	nej	ja	nej
Dewatech:s komposteringsanläggning	nej	ja	nej
OK-Q8's Cisterndepå Fredriksskans	ja	nej	nej
Omya AB Fredriksskans	nej	ja	nej
Arlanda Flygbränslehantering AB	nej	ja	nej
Preem Petroleum AB (depå i Gävle hamn)	nej	ja	nej
Thiele Nordic AB	nej	ja	nej
Imerys Mineral AB, Gävle Hamn	nej	ja	nej
Vopak Logistics Nordic AB	nej	ja	nej
Boliden Minerals Slaglager Gävle Hamn	nej	ja	nej
Ockelbo avloppsreningsverk	nej	ja	nej
Ockelbo Plastindustr AB	nej	ja	nej
Ljusne strömmars fiskodling	nej	ja	nej
Sandarne Kalkverk	nej	nej	ja
Marma avloppsreningsverk	nej	ja	nej
Edsbyns avl.ren.verk	nej	ja	ja
Edsbyn:s återvinningscentral	nej	ja	ja
Helsing Pellets AB:s Pannanläggning	nej	ja	nej
Arbrå avloppsreningsverk	nej	ja	ja

Riskobjekt

VERKSAMHET	FASTIGHET	RAS / SKRED	ÖVERSVÄMNING	EROSION
Ovaka Steel	Hofors Bruk 11: 172	nej	ja	nej
Sandvik SMT	Jernverket 5:1	ja	ja	nej
VOPAK	Fredriksskans 2:1	nej	ja	ja
Nordic Storage AB	Fredriksskans 2:1	ja	ja	nej
Almer Oil & Chemical	Fredriksskans 2:1	ja	nej	nej
OK-Q8 AB	Fredriksskans 2:1	ja	nej	nej
Norsk Hydro AB	Fredriksskans 2:1	ja	ja	nej
Preem	Fredriksskans 2:1	ja	ja	nej
Boliden Mineral	Fredriksskans 2:1	nej	ja	nej
Iggesunds Bruk AB	Iggesund 14:1	ja	ja	nej

Gävleborgs län
Regional klimat- och sårbarhetsanalys

Bilaga 3

Förteckning över GIS-skikt

Samtliga data i system SWEREF TM

Beskrivning	Format	Typ
Redovisningskartor 1-7	pdf	Kartdokument
Projektfil innehållande samtliga lager	mxd	ArcMap projektfil
Dammar	Shape+lyr	Punkt
Förorenade områden (MIFO)	Shape+lyr	Punkt
Seveso-anläggning	Shape+lyr	Punkt
Miljöfarlig verksamhet	Shape+lyr	Punkt
Förutsättningar för erosion	Shape+lyr	Linje
Översvämningsområden vid beräknat högsta flöde	Shape+lyr	Polygon
Utredningsområde – ras och skred	Shape+lyr	Polygon

Gävleborgs län
Regional klimat- och sårbarhetsanalys

Kartredovisning

Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A2. Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassad till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstoras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-skikt för olika analysdelar och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.